DOCUMENT RESUME

ED 307 466 CE 052 593

AUTHOR	Leonard, David
TITLE	Cultures Traditionnelles de Plein Champ (Traditional Field Crops). Appropriate Technologies for Development. Peace Corps Information Collection & Exchange Reprint Series No. R-65.
INSTITUTION	TransCentury Corp., Washington, D.C.
SPONS AGENCY	Peace Corps, Washington, DC. Information Collection and Exchange Div.
PUB DATE	Sep 87
CONTRACT	79-043-0129
NOTE	496p.; Translated by Glenda Fabre. For an English version, see ED 241 773. For a Spanish version, see CE 052 603.
PUB TYPE	Guides - Classroom Use - Guides (For Teachers) (052) -- Translations (170)
LANGUAGE	French
EDRS PRICE	MF02/PC20 Plus Postage.
DESCRIPTORS	*Agricultural Education; *Agricultural Production; Agricultural Skills; Agronomy; Annotated Bibliographies; Developing Nations; *Extension Agents; Extension Education; Fertilizers; *Field Crops; Foreign Countries; French; Guidelines; Harvesting; Herbicides; Horticulture; Land Use; Measurement; Pesticides; Pests; Postsecondary Education; *Rural Development; Rural Education; Soil Conservation; Soil Science; Vocational Education; Volunteers; *Volunteer Training
IDENTIFIERS	Peace Corps

ABSTRACT

Written in French, this manual, which deals with traditional field crops, is primarily designed to help Peace Corps volunteers develop and strengthen their agricultural skills. The focus of the manual is on surveying and interpreting local agricultural environment and individual farm units, developing agricultural extension techniques and practices, and providing basic hands-on and technical skills for extension workers in operations from farm land preparation through harvest. Covered in the individual chapters of the guide are the agricultural environment; reference crops; planning and preparation; soil fertility and management; pest and disease control; and harvesting, drying, and storage of crops. Appendixes to the manual include a list of common units of measurement and conversion; guidelines for conducting field trial result tests and demonstration plots, structural analysis, and soil samples; directions for using pesticides and herbicides; suggestions for troubleshooting common crop problems; lists of hunger signs in reference crops; and a discussion of planting skills for field extension workers. Concluding the manual are a glossary, a four-page bibliography, and a list of six references. (CML)

U.S. DEPARTMENT OF EDUCATION
Office of Educational Research and Improvement
EDUCATIONAL RESOURCES INFORMATION
CENTER (ERIC)

☑ This document has been reproduced as received from the person or organization originating it.

☐ Minor changes have been made to improve reproduction quality.

• Points of view or opinions stated in this document do not necessarily represent official OERI position or policy.

INFORMATION COLLECTION & EXCHANGE

Peace Corps' Information Collection & Exchange (ICE) was established so that the strategies and technologies developed by Peace Corps Volunteers, their co-workers, and their counterparts could be made available to the wide range of development organizations and individual workers who might find them useful. Training guides, curricula, lesson plans, project reports, manuals and other Peace Corps-generated materials developed in the field are collected and reviewed. Some are reprinted "as is"; others provide a source of field based information for the production of manuals or for research in particular program areas. Materials that you submit to the Information Collection & Exchange thus become part of the Peace Corps' larger contribution to development.

Information about ICE publications and services is available through:

Peace Corps
Information Collection & Exchange
Office of Program Development
806 Connecticut Avenue, N.W.
Washington, D.C. 20526

Add your experience to the ICE Resource Center. Send materials that you've prepared so that we can share them with others working in the development field. Your technical insights serve as the basis for the generation of ICE manuals, reprints and resource packets, and also ensure that ICE is providing the most updated, innovative problem-solving techniques and information available to you and your fellow development workers.

Peace Corps

Cultures Traditionnelles de Plein Champ

Auteur:

DAVID LEONARD

Rédactrices:

MARILYN CHAKROFF

NANCY DYBUS

Illustration par:

MARILYN KAUFMAN

Traduit par:

FLS, Inc.
Glenda Fabre

Cette publication a été
préparée à l'intention du
Peace Corps par la TransCentury
Corporation, Washington, D.C.

Peace Corps
[ICE]

Septembre 1987

CULTURES TRADITIONNELLES DE PLEIN CHAMP
Décembre 1981

La présente publication a été préparée
par la TransCentury Corporation sous le
Contrat No. 79-043-0129

Disponible auprès du
Peace Corps, ICE
806 Connecticut Avenue, N.W.
Washington D.C. 20525

Remarques concernant ce manuel

Le manuel Cultures Traditionnelles de Plein Champ a été conçu pour servir d'aide instructive et de référence sur place et est destiné aux bénévoles travaillant dans des programmes visant à l'amélioration des cultures des petits exploitants et en particulier celles du maïs, du sorgho, du millet, des arachides, des haricots et des doliques. Bien que ce manuel ait été rédigé de façon à être accessible au personnel non-spécialisé, il contient beaucoup de renseignements utiles aux agriculteurs-experts, aux planificateurs et au personnel de formation.

Ce manuel a été essentiellement conçu pour aider les bénévoles à développer et à perfectionner les compétences nécessaires pour mener à bien leur travail avec les récoltes de référence, et il met en valeur les aspects suivants :

- L'étude et l'interprétation du milieu agricole régional et des différentes unités d'exploitation,
- Le développement des techniques et des méthodes de vulgarisation agricole,

- L'assurance des compétences techniques et pratiques fondamentales pour les travailleurs participant dans les opérations de vulgarisation depuis la préparation du sol jusqu'à la moisson, y compris un diagnostic systématique des problèmes.

Pour ce faire, ce manuel présente un sommaire des recommandations actuelles relatives à la production agricole dans diverses conditions de climat, de sols, de capacité de gestion, et de fonds disponibles. Il identifie diverses références utiles ayant trait à la culture de plein champ et à d'autres ressources techniques, y compris une documentation sur les progrès accomplis dans le domaine de l'équipement utilisé par les petits exploitants pour la production en ligne. Il passe en revue les progrès réalisés récemment dans le domaine de la recherche et des efforts de vulgarisation, une attention particulière étant accordée au rôle joué par les instituts agricoles internationaux. Les noms scientifiques sont utilisés ainsi que les noms usuels pour éviter la confusion, un nom usuel pouvant se rapporter à plusieurs espèces distinctes.

Remarques concernant auteur

David Leonard a été associé au Peace Corps à différentes reprises sur une période de dix-huit ans. Après avoir reçu son diplôme universitaire en Histoire, il a travaillé comme bénévole dans le domaine de la vulgarisation agricole au Guatemala de 1963 jusqu'en 1965, puis s'est inscrit à l'université de Oregon State pour obtenir son diplôme d'études supérieures en Agronomie en 1967. Depuis lors, il a été chargé de la formation de 35 groupes de bénévoles du Peace Corps destinés à être affectés à l'Amérique latine, l'Afrique, et l'Asie. D'autre part, pendant 3 ans, il a consacré son temps à la culture du maïs, des pommes de terre et des arachides sur une exploitation de 120 hectares en Australie.

Remerciements

J'aimerais exprimer mes remerciements spéciaux à John Guy Smith de Washington, D.C. pour l'aide qu'il a apporté dans la planification de ce guide et pour l'autorisation d'utiliser le contenu de plusieurs de ses publications. Personne ne comprend mieux les réalités de la vie agricole des petits exploitants ainsi que le développement et l'introduction des méthodes agricoles améliorées.

Mes remerciements vont également à Paul Chakroff, à Marilyn Chakroff et à Nancy Dybus de TransCentury pour leur concours en qualité de rédacteurs ; à Marilyn Kaufman pour ses magnifiques illustrations et à Cade Ware pour son excellente dactylographie et organisation du document dans sa forme définitive.

Table des matières

	Page
Remarques concernant ce manuel	i
Remarques concernant l'auteur	iii
Remerciements	v
Table des matières	vii
1. Introduction	1
2. Le milieu agricole	11
3. Les cultures de référence	45
4. Planification et préparation	115
5. Fertilité et entretien des sols	177
6. Lutte contre les parasites et les maladies	227
7. Récolte, séchage entreposage	351
Annexes	
A. Unités communes de mesure et de conversion	391
B. Comment procéder à des essais (sur le terrain)	393
C. Comment effectuer une démonstration des Résultats (terrain de démonstration)	399
D. Comment procéder à une analyse statistique elémentaire	403
E. Comment convertir les rendements des petites parcelles	409
F. Comment prélever des échantillons de sol	411
G. Signes de défaillances nutritives dans les cultures de référence	415
H. Légumineuses diverses	423

		Page
I.	Recherche des problèmes agricoles les plus courants	431
J	Guide d'utilisation des pesticides	437
K.	Recommandations générales pour l'application d'herbicides avec un vaporisateur	463
L.	Importantes connaissances techniques de plantation requises pour les travailleurs des services de vulgarisation	471
GLOSSAIRE		479
BIBLIOGRAPHIE		481
REFERENCES		487
SOURCES DES ILLUSTRATIONS		489
INDEX		493

1 Introduction

De 1961 à 1975, la production alimentation globale des pays en voie de développement a augmenté d'environ 47%. Ce gain, qui au départ semblait très favorable, a été réduit à 10 % seulement en ce qui concerne la production vivrière par habitant, ceci étant dû aux taux de croissance rapides de la population. Dans plus de la moitié des pays en voie de développement, la production de cultures céréalières par habitant était en 1979 inférieure à celle de 1970. A présent, on estime que les deux tiers environ des pays en voie de développement sont sous-alimentés*.

Une comparaison entre les approvisionnements mondiaux existants et les besoins diététiques ne montre qu'un faible déficit théorique, alors qu'en réalité la situation est nettement plus grave et ceci pour deux raisons :

- Les provisions alimentaires sont réparties de façon inégale parmi les pays, les différentes tranches de revenus, et même au sein d'une même famille. La quantité et la qualité de la consommation alimentaire étant largement associées au niveau des revenus, une augmentation de la production alimentaire par habitant aura peu

*Les statistiques démographiques et alimentaires sont basées sur les chiffres fournis par l'Organisation des Nations Unies (ONU). pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO).

d'effet sur l'incidence de la faim et de la sous-alimentation sans que l'on voit une forte augmentation des revenus des habitants pauvres du monde.

- Selon des estimations conservatrices, après la moisson les pertes nutritives des céréales (haricots secs, arachides, etc.) s'élèvent, sur le plan mondial, à 10% pendant le traitement et l'entreposage, alors que dans les pays en voie de développement des pertes de 20% ne sont pas rares.

L'avenir est peu prometteur. En 1974 une étude des Nations Unies concluait qu'au cours des 30 années à venir, la population va augmenter de 26% dans les pays en voie de développement, de 62% et 119% dans les nations en voie de développement (le texte original en anglais porte à confusion - NTD). L'étude conclut que si l'évolution courante de la production de cultures vivrières se poursuit dans les pays en voie de développement, il leur faudra quintupler leurs importations céréalières entre 1970 et 1985. Le problème du financement de telles importations mis à part, il est très douteux que les plus grands importateurs des produits céréaliers puissent satisfaire à ces besoins.

Il est peu probable que les pays en voie de développement puissent augmenter leur production suffisamment rapidement au cours de cette décennie pour devenir indépendants. Néanmoins, on peut réduire l'insuffisance nutritive, si ces pays continuent à maintenir l'intérêt qu'ils portent depuis peu aux méthodes d'amélioration des cultures et à l'introduction de nouvelles techniques auprès des exploitants à petite et à grande échelle.

L'EXPLOITANT A PETITE ECHELLE ET LE DEVELOPPEMENT AGRICOLE

La plupart des exploitants des pays en voie de développement travaillent à petite échelle. Malgré la grande diversité locale et régionale, ils ont certaines caractéristiques en commun :

- La plupart des petits exploitants opèrent en tant qu'unités économiquement indépendantes, soit en tant que propriétaires indépendants soit sous un système de location leur permettant de prendre des décisions relatives à la production. Dans certains cas, toutefois, la prise de décisions par des individus peut être l'objet de contrôles au niveau de la tribu ou du village ou être limitée par des régimes de baux incertains.

- Puisqu'ils possèdent de petites parcelles de terrain et des capitaux réduits, ils dépendent essentiellement de la main-d'oeuvre familiale.

- L'exploitant à petite échelle est moins susceptible que l'exploitant à grande échelle d'utiliser des fonds pour des apports extérieurs tels que les engrais, les pesticides et de l'équipement.

- Le petit exploitant a tendance à utiliser un crédit obtenu pour satisfaire à des besoins de consommation plutôt que pour acheter du matériel agricole.

- Par rapport aux exploitants plus grands, les petits exploitants ont un accès limité à certains facteurs de production tels que le crédit et les fournitures agricoles, la technologie adaptée, l'aide technique, les informations commerciales, les routes, et le transport.

L'AIDE AUX PETITS EXPLOITANTS

Dans le monde en voie de développement, la plupart des exploitants à petite échelle avec qui le vulgarisateur est en contact, sont des exploitants qui se trouvent dans une phase de transition entre les méthodes classiques de production et les méthodes améliorées. Ils sont au courant des améliorations utilisées ailleurs telles que les engrais, les insecticides, et les vaccins pour le bétail, et ils les utilisent même plus au moins, mais de manière forfuite. Bien que la subsistance constitue généralement leur priorité de production, ils sont très motivés pour produire un excédent à vendre ou à échanger après avoir satisfait aux besoins alimentaires familiaux.

La solution des problèmes de la faim et de la pauvreté rurale dans les pays en voie de développement dépend en grande partie de la capacité du petit exploitant à augmenter son rendement en cultures traditionnelles par l'adoption de méthodes de production adaptées et ameliorées. "Adaptées" signifie en harmonie avec l'environnement et la situation culturelle et économique de l'exploitant. "Ameliorées" se rapporte à l'emploi d'apports non-traditionnels comme les engrais, les produits chimiques agricoles, les nouveaux équipments adaptés aux exploitations à petite échelle, et aux services consultatifs techniques. Ceci n'implique pas un abandon total des méthodes de culture traditionnelles, mais plutôt l'incorporation de nouveaux éléments utiles.

La plupart des exploitants à petite échelle tireront profit d'une participation dans des programmes de développement agricole. Puisque la plupart d'entre eux veulent augmenter leurs rendements et leurs revenus, ils adopteront de nouvelles techniques--si celles-ci offrent l'assurance raisonnable d'un bon rendement sans qu'il soit nécessaire de prendre de gros risques et si les apports extérieurs nécessaires sont disponibles.

Jusqu'à ces temps derniers, la mise au point d'une technologies permettant d'améliorer les rendements se préoccupait peu des réalités de la situation du petit exploitant. Il n'est pas surprenant que ces soi-disantes méthodes "ameliorées" ne soient pas toujours accueillies favorablement. Les recherches portant sur la production agricole et la vulgarisation sont de plus en plus adaptées aux besoins de l'exploitant. D'autre part, il existe de nombreux exemples de programmes visant a l'amélioration des rendements et touchant les petits exploitants de tous les pays en voie de développement, qui ont réussi.

LA PETITE EXPLOITATION
EN TANT QU'UNITE
ECONOMIQUE VIABLE

Quand on utilise des méthodes permettant l'amélioration des rendements dans les pays en voie de développement, on peut atteindre des coûts de production concurrentiels sur un grand nombre d'exploitations de tailles diverses. Il ne suffit pas d'augmenter la dimension de l'exploitation pour résoudre les problèmes de production de toutes les petites exploitations, bien que ceci puisse être un facteur pour certaines.

Il existe essentiellement deux types de petites exploitations. L'une est l'exploitation à l'échelle familiale, qui peut employer de façon avantageuse 2 à 4 adultes et un attelage de boeufs. Ce type d'exploitation est bien plus petit en ce qui concerne sa taille et son capital que son équivalent dans les pays développés, et ceci est probablement parce que dans la plupart des pays en voie de développement la terre et les machines sont plus chères que la main d'oeuvre.

L'exploitation sous-familiale est trop petite pour pouvoir employer l'équivalent de deux adultes et un attelage de boeufs de manière efficace. Malheureusement, dans des pays comme le Guatemala, le Salvador et le Pérou, 80 à 90% de l'ensemble des unités d'exploitation sont considérées comme exploitations sous-familiales. L'exploitation sous-familiale est trop petite pour pouvoir jouir d'un succès économique quel que soit le niveau d'application d'une technologie améliorée. Dans ce cas, une dimension plus grande est essentielle à la production.

LA DISPONIBILITE DES METHODES DE PRODUCTION AMELIOREES

Depuis les années 60, les organisations nationales et internationales de recherche sur les cultures consacrent de plus en plus d'efforts à mettre au point des méthodes éventuelles permettant d'améliorer les rendements des cultures de référence traitées dans ce manuel. Il s'agit là d'un processus long et continu, mais dans beaucoup de régions agricoles des pays en voie de développement, il existe à présent un ensemble de méthodes améliorées qui permettront d'augmenter de manière sensible à la fois les rendements et les revenus par rapport aux méthodes traditionnelles. Ces développements constituent le meilleur espoir des petits exploitants qu'ils vont pouvoir augmenter leurs rendements et leurs revenus, rester (ou devenir) concurrentiels sur le plan économique et améliorer leur niveau de vie.

Les conditions idéales pour promouvoir les méthodes de production agricole améliorées parmi les petits exploitants assureraient que :

- la nouvelle méthode n'augmente pas les risques de l'exploitant, ne dévie pas radicalement des méthodes courantes, et n'exige pas de grandes contraintes de la part de l'exploitant.
- les gains potentiels dépassent les coûts ajoutés dans un rapport d'au moins deux à un (rapport coût/bénéfice.
- les apports commerciaux extérieurs et les services qui leur sont associés et qui sont nécessaire à l'établissement de la nouvelle méthode soient faciles à obtenir dans des conditions raisonnables.
- la rentabilité de la nouvelle méthode existe dans le même cycle de culture que celui où elle est appliquée.

- les coûts de la nouvelle pratique sont à la portée de l'exploitant. Généralement ceci implique l'accès au crédit.

Toutes ces conditions sont rarement totalement satisfaites dans la vie agricole du petit exploitant dans un pays en voie de développement. Néanmoins, avec un bon service de vulgarisation et un "ensemble de pratiques" bien développés, les travailleurs du service de vulgarisation agricole peuvent améliorer les rendements agricoles des petites exploitations de façon spectaculaire.

L'APPROCHE "COMBINEE" POUR L'AMELIORATION DES RENDEMENTS AGRICOLES

Dans la plupart des cas, des rendements faibles sont dûs à la présence simultanée de plusieurs facteurs limitatifs, plutôt qu'à un seul obstacle. Quand un ensemble "combiné " de méthodes améliorées, spécialement mises au point et adaptées, est mis en oeuvre pour surmonter ces multiples barrières, les résultats sont souvent plus impressionnants que ceux obtenus par une approche à facteur unique. Un programme agricole "combiné" comprend une combinaison de plusieurs nouvelles méthodes vérifiées sur place. (Peu de ces méthodes sont prêtes à être transférées sans faire l'objet de vérifications et de modifications sur place). La plupart comprennent plusieurs des facteurs suivants : une variété perfectionnée, l'emploi d'engrais, une amélioration dans la lutte contre les mauvaises herbes, les parasites et les maladies, une amélioration dans la préparation des sols, la gestion des eaux, la moisson, et l'entreposage.

Avec l'approche combinée, il y a plus de chances de susciter une réponse positive. Mais elle peut présenter

des inconvénients :

- Dans le cas de l'échec d'un programme combiné de méthodes, l'exploitant peut décider que toute méthode considérée individuellement est également vouée à l'échec.
- Une recherche plus adaptée et des essais approfondis sur place sont nécessaires pour mettre au point un programme combiné qui aura fait ses preuves pour une certaine région.
- Un programme combiné peut favoriser les grands exploitants qui ont plus facilement accès au crédit pour l'achat de matériel supplémentaire.
- L'indisponibilité d'un matériel ou son malfonctionnement peut vouer à l'échec le programme combiné tout entier.

Il faut souligner qu'un programme combiné ne doit pas toujours nécessairement signifier une utilisation considérable d'aides commerciales. En effet, un programme de vulgarisation peut au départ viser à l'amélioration des méthodes de gestion fondamentales exigeant un investissement réduit ou inexistant telles que le désherbage, la préparation des sols, les changements dans la population et l'espacement des plantes, la sélection des graines, et le calendrier des opérations agricoles. Ceci permet d'assurer que les petits exploitants bénéficieront du programme au moins autant que les plus gros exploitants, surtout dans les régions où le crédit agricole n'est pas bien développé

LE ROLE DU TRAVAILLEUR DU SERVICE DE VULGARISATION

Pour pouvoir travailler avec les petits exploitants dans le but d'améliorer les six cultures de référence (maïs, sorgho, arachides, pois sauvages et haricots), les travailleurs du service de vulgarisation auront besoin de posséder à la fois des compétences dans le domaine agricole ainsi que dans celui de la vulgarisation. Les compétences générales agricoles requises par les travailleurs du service de vulgarisation qui seront engagés dans des projets d'amélioration agricoles en

tant qu'intermédiaires au rôle consultatif limité sont :

- la prise en compte de la nécessité des programmes d'amélioration agricole,
- analyse du milieu agricole
- la connaissance des caractéristiques des cultures de référence,
- connaissance des méthodes permettant l'amélioration des cultures
- une compréhension des principes de gestion des cultures de référence.

Les travailleurs du service de vulgarisation doivent également posséder un niveau adéquat "d'expérience pratique" ainsi que des compétences techniques se rapportant aux cultures de référence, et une capacité d'adaptation aux recommandations qui seront faites pour faire face aux variations des sols, du climat, de la gestion, et des capitaux de la région.

Ce manuel fournit la plupart des renseignements dont les travailleurs du service de vulgarisation auront besoin pour pouvoir travailler avec les six cultures de référence. En recommandant une méthode quelconque visant à l'amélioration des cultures, il est cependant très important de travailler avec les exploitants, le service de vulgarisation, les universités, et les instituts d'études agricoles nationaux et internationaux de la région. Ces individus et organisations sont beaucoup mieux familiarisés avec les caractéristiques du milieu local ainsi que les conditions économiques, sociales et culturelles de la région, et il convient de les consulter avant d'initier tout programme pour l'amélioration des cultures.

2 Le milieu agricole

On trouvera dans ce chapitre une description de la manière dont les travailleurs du service de vulgarisation peuvent étudier et interpréter les caractéristiques importantes du milieu agricole local et les unités agricoles individuelles qui en font partie. Cette étude est essentielle à une vulgarisation efficace puisqu'elle permettra aux travailleurs de comprendre à fond les systèmes et les méthodes agricoles de la région.

Le milieu agricole local l'ensemble des facteurs ayant une influence sur l'agriculture d'une région. Les plus importants en sont l'environnement naturel (physique) et l'infrastructure.

LE MILIEU NATUREL

Le milieu naturel comprend le climat et le temps, la terre et les sols, ainsi que l'écologie (l'intéraction entre les récoltes, les mauvaises herbes, les insectes, les animaux, les maladies, et la population).

Le temps se rapporte aux changements quotidiens de température, au régime pluviométrique, à la lumière solaire, à l'humidité, au vent et à la pression baromètrique. Le climat a trait à l'évolution typique du temps dans une localité déterminée au cours de plusieurs années. Par définition, on construit une cheminée à cause

du climat, et on y allume un feu à cause du temps. Les facteurs de climat et de temps ayant a plus grande influence sur la production agricole sont le rayonnement solaire (lumière solaire et température, les précipitations, l'humidité, et le vent.

Le Rayonnement Solaire

Le rayonnement solaire a une influence très prononcée sur la croissance des cultures à bien des égards :

- Il fournit l'énergie lumineuse requise pour la photosynthèse (le processus fondamental par lequel les végétaux fabriquent des sucres pour assurer leur croissance et leur nutrition). Les sucres sont fabriqués au cours de ce processus dans les cellules vertes des végétaux quand l'acide carbonique de l'air se mélange avec l'eau du sol, utilisant comme catalyseurs la lumière solaire et la chlorophylle (le pigment vert chez les végétaux).

- La durée quotidienne de lumière solaire (longueur du jour) et son évolution annuelle ont une grande influence sur la durée de la floraison et la période de croissance de certaines cultures.

- Le rayonnement solaire constitue le déterminant principal de la température extérieure, qui a une grande influence sur le taux de croissance des cultures et sur leur champ d'adaptation

Evolutions régionales et annuelles du rayonnement solaire

A la différence des latitudes des zones tempérées, la région située entre le tropique du Cancer (23,5°N) et le tropique du Capricorne (23,5°S) présente relativement peu de variation saisonnière en ce qui concerne le rayonnement solaire, puisque le soleil reste assez haut dans le ciel toute l'année. Des mesures effectuées au-dessus du niveau des nuages font état d'une variation annuelle du rayonnement solaire de 13% seulement sous l'équateur par rapport à 300% à une latitude de 40°. Mais cet avantage apparent des tropiques peut être dans certains cas affecté par un ciel trop nuageux, ce qui peut

être très souvent le cas dans les zones de pluviosité intense, surtout près de l'équateur (un ciel nuageux peut diminuer le rayonnement solaire de 14 à 80%, selon l'épaisseur et l'étendue de la nébulosité). Par exemple, étant donnée sa forte nébulosité, le Bassin d'Amazonie Equatoriale reçoit annuellement une énergie solaire au niveau du sol pratiquement similaire à celle des Grands Lacs aux Etats Unis.

Longueur du Jour

La période de temps entre l'émergence d'une plante et sa floraison, ainsi que la date effective de la floraison peuvent être énormement influencées par la longueur du jour dans le cas de certaines cultures. Parmi les cultures de référence, le soja et les variétés photosensibles du millet et du sorgho sont les plus influencés.

Le maïs est moins influencé par la longueur du jour à moins qu'on ne transpose une variété vers une latitude où la longueur du jour est nettement différente de celle de sa région d'origine (voir le Chapitre 3). Généralement, la longueur d'une journée ne constitue pas un facteur critique en ce qui concerne les arachides, les haricots et les doliques.

Dans le tableau ci-dessous, la longueur du jour est influencée à la fois par la latitude et la saison. Il faut noter que la variation annuelle de la longueur du jour diminue sensiblement avec la proximité de l'équateur.

Tableau 1

Longueur du Jour par Rapport à Diverses Latitudes Septentrionales

Mois	Equateur	20°	40°
Déc.	12:07	10:56	9:20
Mars	12:07	12:00	11:53
Juin	12:07	13.20	15:00
Sept.	12:07	12:17	12:31

Température

La température est le facteur principal régissant le taux de croissance et les possibilités d'adaptation d'une culture. Chaque culture a sa propre température optimale de croissance, en plus d'une température maximale et minimale de développement normal et de survie. Même les variétés d'une même culture diffèrent quelque peu dans leur tolérance de température. Des températures de jour extrêmement élevées peuvent avoir une influence néfaste sur la croissance et les rendements en provoquant la stérilité des pollens et la chute des fleurs. De plus, les nuits typiquemment chaudes des tropiques peuvent réduire les rendements des cultures. La raison en est que le végétaux fabriquent des sucres pour leur croissance et leur production d'éléments nutritifs par le processus diurne de photosynthèse, mais ils en "consomment" une certaine quantité pendant la nuit par le processus de respiration. Etant donnée que les températures nocturnes élevées augmentent le taux de respiration, elles peuvent diminuer la croissance nette d'une culture.

Plusieurs facteurs ont une influence sur l'évolution de la température d'une région :

- La latitude--Les variations saisonnières de la température sont marquées dans la zone tempérée où le rayonnement solaire et la longueur du jour varient considérablement au cours de l'année. Aux tropiques, cette différence de température saisonnière est bien plus faible. Les températures basses de nuit descendent rarement au-dessous de 10-30° près du niveau de la mer et sont normalement au-dessus de 18°C. Les variations saisonnières sont de plus en plus prononcées au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'équateur.

- L'élévation--La température tombe d'environ 0.65°C pour 100 mètres d'élévation. Ceci a une grande influence sur la durée de la croissance d'une culture ainsi que sur son adaptation à la région. Par exemple, au niveau de la mer au Guatemala, le maïs mûrit en trois à quatre mois et le climat est trop chaud pour les pommes de

de terre ; mais lorsqu'on s'éloigne de 50 km dans les hautes terres (au-dessus de 1.500 m), il faut cinq à dix mois avant que le maïs ne mûrisse et que les pommes de terre ne se développent.

- La topographie, ou le contour de la superficie, peut causer des différences dans le temps et le climat d'une région (micro-climats). Une zone de travail peut avoir au moins deux micro-climats distincts.

- La nébulosité--Ce facteur a un effet tampon décisif sur les variations diurnes (de jour) de la température. Elle réduira les températures de pointe de la journée, mais augmentera les températures basses de nuit.

- L'humidité exerce un effet sur la nébulosité analogue à celui de la température. L'air humide est plus long à se réchauffer et à se refroidir et est soumis à une variation quotidienne de température bien moins forte que celle de l'air sec. La température maximale à l'ombre dépasse rarement 38° dans des conditions de forte humidité, alors que des températures maximales de 54°C sont possibles dans des conditions sèches.

Précipitations

Dans les zones sèches (non-irriguées) des tropiques où les températures sont propices à la croissance des cultures pendant toute l'année, les précipitations constituent le facteur fondamental du milieu et déterminent quelles cultures peuvent être cultivées ainsi que leur période de production. Les précipitations varient énormément d'un environnement à un autre (souvent très proches l'un de l'autre), surtout aux alentours des terrains montagneux ou accidentés. L'exploitant des terres sèches est profondément conscient de la répartition des précipitations saisonnières d'une région. Ceci comprend les écarts du cycle normal telle l'apparition de pluies précoces ou tardives, ou les sécheresses hors de saison. Des pluies excessives, pouvant inonder la récolte, retarder la moisson et accélérer l'érosion des sols, peuvent être tout aussi graves que des pluies

insuffisantes. La terre peut être trop humide pour pouvoir la labourer un jour, mais trop sèche la semaine suivante pour assurer une bonne germination des graines.

Quand on dispose de données de pluviosité relatives à une région, il faut se rappeler que les moyennes annuelles de précipitations ont peu de signification. La distribution et la fiabilité sont des facteurs bien plus importants en ce qui concerne la production de cultures.

Par exemple, Ibadan, au Nigéria, se trouve dans une zone de transition entre les tropiques humides et semi-humides et reçoit la même quantité de pluie annuelle (1.140 mm) que celle de Samaru, au Nigéria, qui se trouve au nord dans la zone de la savanne. Les précipitations à Ibadan se répartissent sur neuf mois (du mois de mars au mois de novembre) dans une évolution bi-modale (c'est-à-dire, deux saisons pluvieuses séparées par une période plus séche). La première saison est suffisamment longue pour permettre la culture d'un maïs ayant un cycle de culture de 120 jours, bien qu'il existe une certaine contrainte d'humidité. La deuxième saison est plus courte, et l'humidité du sol est normalement suffisante pour un cycle de culture de 80-90 jours seulement. D'autre part, les précipitations régulières à Samaru se répartissent sur cinq mois dans une évolution uni-modale, permettant la culture d'une seule récolte de maïs, mais qui n'est pas soumise à une contrainte d'humidité.

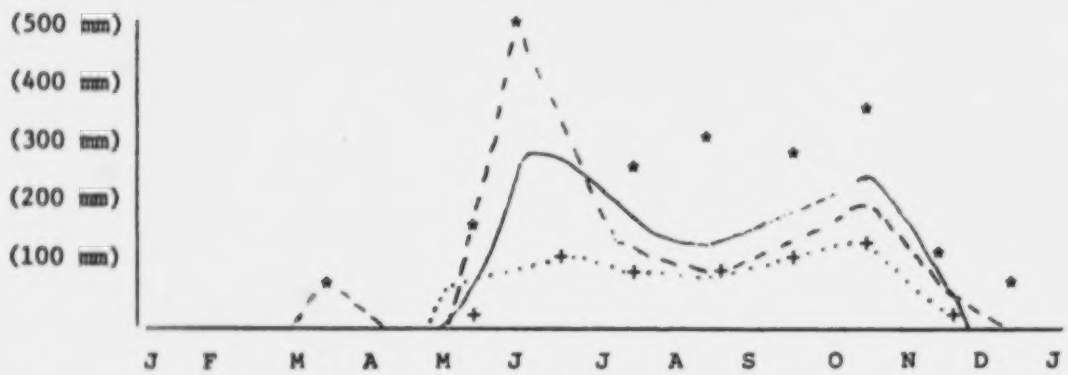
Cet exemple montre bien que les précipitations annuelles moyennes seules ne donnent pas une indication fiable de la pluviosité d'une région. La même chose s'applique à la distribution des pluies saisonnières. Bien qu'elle donne une bonne indication de la quantité d'humidité disponible pour la production agricole, elle seule ne suffit pas à une bonne analyse. La quantité de pluie qui finit par être absorbée par le sol dans un champ, et qui sera utilisée par les cultures, dépend d'autres facteurs tels l'écoulement et l'évaporation des eaux de surface des sols, et la consistance et la profondeur des sols.

Lorsqu'on procède à une analyse de l'évolution des précipitations d'une région de travail, il est bon de se rappeler que les moyennes sont quelque peu trompeuses. On peut s'attendre à voir des écarts de la moyenne bien que le schéma de la distribution saisonnière moyenne dénote une certaine régularité (Figure 1).

Les cycles agricoles et leur corrélation avec le schéma des précipitations :

On détermine les cycles agricoles par un calendrier agricole (dates de la mise en culture et de la moisson des récoltes concernées) et ils sont étroitement liés à la distribution des précipitations saisonnières. Ce facteur est mis en évidence si l'on compare le calendrier agricole figurant à la page suivante avec le graphique des précipitations à la Figure 1.

Figure 1
Evolution des Précipitations Mensuelles,
à Managua, au Nicaragua, 1958-67

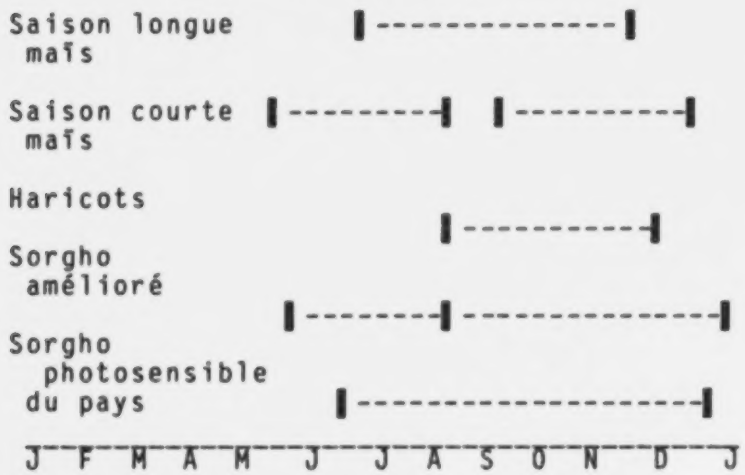


L'année la plus humide, 1958 ----------
Précipitations annuelles totales : 1.437 mm
L'année la plus sèche, 1965 .....
Précipitations annuelles totales : 757 mm
Moyenne, 1958-67 _____
Précipitations annuelles moyennes : 1.909 mm

Précipitations mensuelles les plus élevées
entre 1958 et 1967 *******

Précipitations mensuelles les plus faibles
entre 1958 et 1967 +++++++

Calendrier Agricole, région de Managua
au Nicaragua



Une source fondamentale d'informations relatives à la pluviosité d'une région donnée est l'exploitant local. Bien que les données de pluviosité émises par un bureau météorologique soient utiles comme référence si elles sont fiables et représentatives, elles ne sont pas essentielles. On peut obtenir la plupart des données nécessaires relatives à la distribution des pluies en s'entretenant avec les exploitants expérimentés de la région.

Humidité

L'humidité relative agit sur la production agricole de plusieurs façons :

- Les variations quotidiennes de températures sont plus importantes dans des conditions de faible humidité ; une humidité élevée exerce un effet tampon sur la température.

- Une humidité élevée favorise le développement et la diffusion d'un certain nombre d'infections bactériennes et fongueuses (voir le paragraphe traitant des maladies au Chapitre 6).

- Le taux de consommation d'eau est plus élevé dans des conditions chaudes et sèches, et il est plus bas quand il fait très humide.

Caractéristiques du vent et des orages

Les vents forts associés aux orages, aux ouragans et aux tornades peuvent sérieusement endommager les cultures. Parmi les cultures de référence, le maïs, le sorgho et le millet sont les plus susceptibles à subir des dégâts causés par de fortes pluies. Les vents chauds et secs peuvent augmenter les besoins en eau des cultures de façon prononcée. La fréquence des vents forts est également un facteur qu'il ne faudra pas ignorer lors de l'analyse du climat d'une région de travail.

Topographie

La configuration de la surface du sol influe sur l'agriculture en provoquant des modificatiions locales du climat et du temps ; c'est souvent le facteur ayant le plus d'influence sur l'aptitude du sol à s'adapter à diverses exploitations. Une zone de travail peut être composée de plusieurs caractéristiques topographiques telles que la présence de montagnes, de collines et de vallées. Les exploitations individuelles subissent également des variations topographiques qui influenceront la production agricole. Les montagnes et les collines peuvent altérer la pluviosité de façon considérable, et il

n'est pas rare de trouver une vallée plus sèche et irriguée d' un côté d'une montagne et une vallée plus humide, arrosée par la pluie de l'autre côté. L'air frais s'installe généralement dans les vallées, les rendant plus fraîches que les pentes environnantes. Les pentes s'assèchent rapidement, mais sont sensibles à l'érosion et à la sécheresse, alors que les régions plates ou affaissées ont souvent des problèmes d'assèchement. Les pentes inclinées vers le soleil sont plus chaudes et plus sèches que celles inclinées en direction opposée.

Sols

Après le climat et le temps, la nature du sol constitue le facteur le plus important ayant une incidence sur le potentiel agricole et les méthodes de gestion. La plupart des sols ont progressivement évolués au cours des siècles à cause de la dégradation (décomposition) des matériaux rocheux sous-jacents et des matières végétales. Certains sols sont constitués de dépôts laissés par les rivières et les mers (terrains d'alluvions) ou par le vent (loess).

Les sols ont quatre composants : l'air, l'eau, les particules minérales (le sable, le limon, et l'argile), et l'humus (matière organique décomposée). Environ 50% d'un échantillon typique de terre végétale (la couche supérieure plus foncée du sol) est constitué d'un espace poreux rempli d'air et d'eau dans des proportions qui varient en fonction de l'humidité ou de la sécheresse du sol. Les 50% restant sont composés de particules minérales et d'humus. Les sols minéraux contiennent 2 à 6 % d'humus par rapport au poids de la terre végétale. Les sols organiques tels que les tourbes trouvent leur origine dans les marais, les fondrières et les marécages, et contiennent 30 à 100% d'humus.

Le climat, la nature de la roche mère, la topographie, la végétation, la gestion et le temps sont tous des facteurs ayant une incidence sur la formation du sol et agissant l'un sur l'autre dans d'innombrables configurations possibles pour

produire une étonnante variété de sols, même dans une zone réduite. En fait, il n'est pas rare de trouver deux ou trois types de sol différents sur une seule petite exploitation qui différent énormément en ce qui concerne les problèmes de gestion et les possibilités de rendement.

Importantes caractéristiques du sol

Il existe sept caractéristiques fondamentales qui ont une influence sur les besoins d'entretien et les possibilités de production du sol : la consistance, la couche arable (condition physique), la capacité de rétention d'eau, l'assèchement, la profondeur, l'inclinaison, et le pH.

- La consistance fait référence aux quantités relatives de sable, de limon et d'argile dans le sol.
- La couche arable se rapporte à la condition physique du sol et aux conditions de labour.
- La capacité de rétention d'eau a trait à l'aptitude du sol à retenir l'eau dans ses interstices.
- L'assèchement se réfère à l'aptitude du sol à éliminer l'eau excédentaire et a une influence sur l'apport d'oxygène aux racines.
- La profondeur est la profondeur du sol jusqu'au tuf et la profondeur effective du sol est la profondeur maximale de croissance des racines des plantes.
- L'inclinaison est le degré d'inclinaison de la surface de la terre, mesurée en principe en pourcentage (c'est-à-dire le changement en mètres d' élévation pour 100 m de distance horizontale).
- Le pH est une mesure de l'acidité ou de l'alkalinité du sol sur une échelle de 0 à 14.

Ces caractéristiques sont passées en revue dans la section Sols, Cultures et Utilisation d'Engrais du Guide No. 8 : "Technologies de Développment Appropriées du U.S. Peace Corps", sections I et II, par D. Leonard, 1969, et dans le Manuel de Production Agricole du Guide No. 6 :

"Technologies de développement appropriées du U.S. Peace Corps", 1969.

Ecologie

Dans le cadre du présent rapport, l'écologie a trait à la présence de cultures de référence, de mauvaises herbes, d'insectes, de maladies, d'animaux (humains, animaux sauvages, bétail) et de l'environnement en général ainsi qu'aux effets qu'ils auront l'un sur l'autre. La vie agricole est une lutte perpétuelle avec la nature et les exploitants ont mis au point de nombreuses mesures de prévention et de contrôle, ainsi que des systèmes de culture spéciaux, pour donner à l'agriculture l'avantage sur la succession naturelle. Chaque zone aura une combinaison qui lui sera propre de mauvaises herbes, d'insectes, de maladies, et d'animaux sauvages (y compris les rats et les graines constituant la nourriture des oiseaux) ayant une incidence sur la production agricole. Il est essentiel de les identifier et d'apprendre comment l'exploitant peut les confronter avant de pouvoir comprendre et faire face au milieu agricole.

L'effet de la population et de l'agriculture sur l'ensemble de l'environnement

La technologie moderne, la pénurie en terres ainsi que la croissance des populations ont augmenté les possibilités de l'agriculture de "gagner sur" la nature et de la manipuler. On ignore trop souvent les effets possibles du développment agricole sur l'environnement. Les effets ecologiques possibles sur les projets agricoles comprennent :*

- Le déboisement
- L'érosion des sols
- La désertification

*Pour de plus amples renseignements, se reporter à la publication "Projets agricoles à petite échelle dans un environnement sain", VITA, 1979.

- La latérisation
- La salinisation
- L'intoxication agrochimique du sol, de l'eau, des animaux et de la population
- L'inondation.

L'INFRASTRUCTURE

L'infrastructure, qui a trait aux installations, aux moyens, aux biens et aux services favorisant la production agricole, est composée des éléments suivants :

- Méthodes locales d'exploitation
- Infrastructure physique
- Distribution des sols et régime foncier
- Disponibilité de la main-d'oeuvre agricole
- Récompenses accordées aux exploitants et visant à les encourager.

Les Méthodes d'exploitation comprennent :

- La préparation du sol--méthodes de labour, type de couche de semis et méthodes de contrôle de l'érosion
- La plantation--méthode,, population et espacement des plantes, sélection de la variété
- Les amendements du sol--Type, quantité, cadence, apport d'engrais chimiques ou organiques et de matières de chaulage
- La lutte contre les mauvaises herbes, les insectes, les maladies, les oiseaux, les rongeurs et les anguillules (petits vers ronds vivant sur les racines des plantes)
- Des pratiques spéciales telles que l'irrigation ou le "buttage" du maïs
- Les méthodes de récolte et d'entreposage.

Le terme "système de culture" fait référence non seulement au calendrier global des cultures (dates de

plantation et de récolte des cultures concernées) mais plus précisément aux séquences et aux associations effectives des cultures mises en jeu, notamment :

- La monoculture par rapport à la rotation des cultures--La monoculture est la culture répétée du même produit sur la même terre d'une année sur l'autre. La rotation des cultures est la culture répétée d'une succession organisée de cultures (ou cultures en alternance avec friche) sur la même terre. Pour réaliser un cycle complet de rotation, il faut souvent plusieurs saisons de croissance (par exemple, du maïs pendant les deux premières années, suivi de haricots la troisième année et de coton la quatrième année).

- Polyculture--Il existe deux types de polyculture. L'un est la culture continue, c'est-à-dire la culture successive de deux récoltes ou plus par an ou par saison de croissance dans le même champ. L'autre type est la culture dérobée, qui est la définition la plus fréquente d'une polyculture et implique la culture de deux récoltes ou plus en même temps dans le même champ. Voir le Chapitre 4 traitant en détail des différents types de cultures dérobées.

Etant donnée la différence de sols, de climat, de conditions de gestion, de disponibilité de capital et d' attitudes, on peut trouver de grandes variations dans les méthodes et les systèmes d'exploitation d'une même zone.

L'infrastructure physique

L'infrastructure physique se rapporte aux installations physiques et aux moyens favorisant la production agricole tels que le transport (routes reliant l'exploitation agricole au marché, chemins de fer), communications, facilités d'entreposage et de commercialisation, travaux agricoles publics (systèmes régionaux d'irrigation, d'assèchement et de lutte contre les inondations) et les travaux d'aménagement de l'exploitation (clôtures, puits, protection contre le vent, systèmes d'irrigation et d'assèchement, etc.). Tous ces

facteurs sont importants, mais la présence de moyens de transport adéquats mais à un prix raisonnable est particulièrement critique, l'agriculture impliquant l'emploi de matériaux volumineux. La distance séparant un exploitant du réseau routier est souvent le facteur le plus important qui va déterminer s'il ou si elle peut employer des engrais ou transporter ses récoltes excédentaires au marché de façon rentable.

Répartition des terres et régime foncier

Dans une région établie, l'ensemble des terres agricoles peut être occupé. La répartition des terres et le régime foncier d'une région a donc d'énormes incidences sociales et économiques sur l'intérêt de l'exploitant. Les questions les plus importantes à cet égard sont les suivantes :

- Qui occupe la terre et dans quelles conditions peut-on l'utiliser et autoriser son utilisation par les autres?
- Quel est la proportion entre le nombre d'habitants dépendant de l'agriculture pour leur moyen d'existence et la quantité et les types de terre disponibles?

La disponibilité de la main-d'oeuvre agricole

La proportion d'exploitants et d'ouvriers agricoles par rapport à la quantité et aux types de terre donne une bonne indication de l'intensité de l'utilisation de la terre. L'existence d'une main-d'oeuvre suffisante pour assurer le travail lors des périodes de pointe est un

autre facteur considérable ayant une incidence sur les pratiques agricoles et les rendements. Au cours de la plus grande partie de l'année, un grand nombre de régions agricoles dans les pays en voie de développement subissent un taux élevé de sous-emploi agricole, sauf au cours de certaines périodes d'activités intensives, comme au moment de la plantation au début de la saison des pluies ou la période de désherbage, s'il ne s'agit pas de culture mécanisée. Au cours de ces périodes, la pénurie de main-d'oeuvre peut constituer le facteur le plus critique limitant la production, et la productivité de la main-d'oeuvre revêt une importance particulière.

Systèmes de récompense à l'intention des exploitants

Ce concept peut être très largement interprété, car il comprend une distribution et une occupation équitables des terres, la présence de marchés et de prix adéquats pour l'écoulement des produits agricoles, ainsi que l'existence d'une technologie améliorée viable.

COMPREHENSION DE L'UNITE INDIVIDUELLE D'EXPLOITATION

Chaque exploitation possède des caractéristiques qui lui sont propres, mais les exploitations situées dans une même région ont généralement suffisamment de traits en commun pour permettre de les grouper en plusieurs types généraux d'exploitation, telles que la subsistance, la culture de produits orientée vers la mise en vente de ceux-ci, la plantation, etc... Si l'environnement d'une région est relativement uniforme, un seul type d'unité d'exploitation peut prédominer. Si elle est caractérisée par une topographie irrégulière et une distribution inégale des terres, la région

peut avoir deux types ou plus d'unités d'exploitation.

Il existe huit critères principaux qui peuvent être utilisés pour différencier les divers types d'unités d'exploitation :

- L'emplacement géographique
- Le type d'occupation
- La taille de l'exploitation, le parcellement, et le potentiel d'utilisation des terres
- Les dimensions de l'entreprise agricole
- Le type d'entreprise agricole
- Les méthodes de production
- Les améliorations agricoles
- La disponibilité de la main-d'oeuvre agricole.

Emplacement géographique

Les facteurs principaux ici sont les suivants :

- Les caractéristiques naturelles telles que le type de sol, l'inclinaison, la profondeur du sol, l'assèchement, l'accès à l'eau, etc.
- La proximité des réseaux de transport et d'autres services tels que les systèmes d'irrigation et d'assèchement publics
- L'emplacement par rapport à d'autres unités agricoles
- Le nom local de l'endroit où l'exploitation est située.

Type d'occupation

Les considérations majeures sont les suivantes :

- Qui détient la terre?
- Si la terre n'est pas exploitée par le propriétaire quel type d'affermage est fourni (notamment, fermage au comptant, métayage, ou participation au travail) et dans quelles conditions précises? Le

type d'affermage choisi est-il protégé?

- Si personne ne détient le titre légal de propriété de la terre, est-elle occupée par les droits des squatters protégés par la législation?

- Qui assure la gestion de l'exploitation et prend les décisions fondamentales?

Dimension de l'exploitation

- Dimension totale de l'exploitation en unités de mesure locales

- Emplacement des parcelles agricoles : si elles sont dispersées, quelle distance les sépare de la maison de l'exploitant?

- Utilisation effective des terres : terres cultivables, en pâturages, ou en forêts ; terres irriguées ou celles qui ne le sont pas.

- Caractéristiques de ses sols : nom local, couleur, consistance, profondeur, assèchement, inclinaison et ce qu'en pense l'exploitant.

Dimension de l'entreprise agricole

- Valeur de la terre de l'unité agricole

- Valeur d'autres immobilisations

- Valeur du capital d'exploitation utilisé par unité d'exploitation ou de bétail

- La valeur de la production par unité d'exploitation ou de bétail.

La valeur de l'unité agricole par rapport au nombre de travailleurs indique si celle-ci est capitalistique (utilisation de machines et de capital pour assurer la rentrée de la moisson) ou ergatique (utilisation de main-d'oeuvre pour l'exécution des opérations agricoles). La valeur de la production par unité de terre indique l'intensité de l'utilisation des terres.

Type d'entreprise
agricole

Certaines exploitations se consacrent à une seule actilvité telle que la culture de la canne à sucre, du café, du riz, etc., mais ce type de monoculture est rare parmi les petites exploitations. On a plus de chances d'y trouver une forme quelconque de culture combinée. Les considérations principales sont les suivantes :

- L'importance relative de chaque entreprise
- Les rendements obtenus par chaque entreprise
- L'écoulement des produits de chaque entreprise (ventes pour assurer la subsistance de la famille ou ventes ua comptant) et où les produits sont vendus
- La rotation et les associations des cultures
- Le rapport éventuel entre la production agricole et le bétail

Méthodes de production

- Les facteurs spécifiques utilisés dans le développement agricole
- Les taux, méthodes,et calendrier d'application.

Améliorations agricoles

- Conditions de l'habitation familiale agricole (ou des habitations du directeur agricole et des ouvriers agricoles).
- Présence et conditions des clôtures, des puits, des systèmes d'irrigation, des routes donnatn accès aux champs, des facilitités d'entreposage, des abris pour les bétails, des corrals, etc.

Disponibilité
de la main-d'oeuvre
agricole

- Degré de dépendance sur la main-d'oeuvre familiale

et la composition de celle-ci

- Degré de dépendence sur des ouvriers embauchés
- Nature saisonnière des besoins en main-d'oeuvre
- Emploi d'équipement tiré par un animal ou par un tracteur.

DIRECTIVES POUR L'ORIENTATION DU PERSONNEL DE VULGARISATION

Ces directives générales ont pour but d'aider les travailleurs des services agricoles (AFW), récemment affectés à leur nouvelle mission, à s'adapter au milieu agricole local et à ses unités individuelles d'exploitation agricole dans un délai d'un à deux mois aprés leur arrivée dans la région. Dans l'utilisation de ces recommandations générales, il faudra tenir compte des limitations suivantes :

- N'entreprendre une étude détaillée des ressources locales au début de la mission que si l'organisme d'accueil en fait la demande exprèsse. Une telle étude peut susciter des soupçons de la part de la population locale, surtout si vous vous montrez trop empressé ou trop arbitraire lors de vos premiers contacts.
- L'organisme d'accueil peut prévoir un programme d'adaptation à la zone de travail, mais celui-ci peut être très limité.
- Lorsque des différences existent entre l'information obtenue auprès des sources locales (exploitants, etc.) et celle obtenue auprès des sources extérieures ou publiques, se fier à l'information locale jusqu'à preuve du contraire.

Les exploitants locaux sont les autorités suprêmes en ce qui concerne le milieu local.

- Les principes directeurs suivants sont organisés surtout en fonction du sujet, mais il n'est pas nécessaire de les suivre dans un ordre précis. Vous allez recueillir des renseignements par bribes auprès d'une seule source et comme ces renseignements peuvent toucher à de nombreux domaines, vous serez obligé de les mettre dans leur contexte.

INTRODUCTION A L'ADAPTATION AU MILIEU AGRICOLE

Cette phase initiale a trait au milieu agricole en général et est conçue pour vous aider à vous y familiariser et à adapter votre calendrier de travail et vos activités au rhythme saisonnier de la vie agricole de la région. A moins d'être sévèrement limité par vos connaissances de la langue locale, vous devriez pouvoir accomplir cette phase en deux à quatre semaines si vous passez plusieurs heures par jour à vous entretenir avec les exploitants locaux et avec les autres sources de renseignements agricoles que vous trouverez dans toute la région.

Etablir des rapports

Vous allez passer une grande partie de votre temps à vous entretenir avec les exploitants et à les écouter ainsi qu'avec d'autres sources informées (habitants locaux) qui sont touchées par l'agriculture.

Localiser les exploitants

- Former une idée générale de la manière dont les exploitants sont répartis géographiquement.
- Former une idée précise de l'endroit où les exploitants clients potentiels sont localisés (notamment ceux qui

sont mentionnés dans votre description de travail).

Localiser d'autres individus bien informés

Les techniciens affectés à la région ou qui y travaillent, les acheteurs de produits agricoles locaux, les fournisseurs agricoles et les camionneurs constituent tous de bonnes sources de renseignements.

Choisir des sources locales fiables

Dans une première phase vos contacts n'ont pas lieu d'être nécessairement totalement représentatifs tant qu'ils sont bien informés. Les meilleurs exploitants-informateurs se trouvent normalement parmi les exploitants les plus progressifs. Par exemple, un petit exploitant progressif fournira davantage de renseignements et de perspicacité sur les petites opérations agricoles qu'un exploitant commercial à grande échelle. Les premiers contacts potentiels sont : les parents de votre propriétaire, le maire ou autre fonctionnaire local, les exploitants les plus accessibles et les plus ouverts, ou ceux qui ont déjà travaillé avec les services de vulgarisation. Tenir un dossier soigneux de tous vos premiers contacts.

Comment conduire une interview

- Comment se présenter--Il serait idéal qu'une tierce personne établisse le premier contact et fasse les présentations. Si cela n'est pas possible, préparer à l'avance une explication du but de votre présence. Il est important de souligner que votre but à ce stage est d'apprendre.

- Techniques proposées--Laisser l'exploitant parler aussi spontanément que possible. Toute question tendancieuse suscite presque toujours une réponse positive. Apprendre par coeur votre plan d'interview plutôt que de présenter une interview écrite susceptible d'inhiber les réponses. Ne soyez pas trop familier.

- Il est généralement préférable de ne pas prendre de notes devant un exploitant, bien que dans certains cas il s'attende à ce que vous le fassiez en tant que "technicien". Il est possible que certains exploitants fassent une association entre les notes écrites et une perception éventuelle d'impôts, etc. Il est mieux d'attendre un moment discret (l'interruption de midi, par exemple) avant d'enregistrer vos renseignments sous forme écrite.

Familiarisez-vous avec les Principales Caractéristiques Physiques de votre Milieu de Travail

Pour pouvoir localiser les exploitations, les exploitants, les fournisseurs agricoles, etc., vous devez préciser leurs emplacements par rapport aux routes et aux pistes aisi qu'aux principaux traits topographiques. Il vous faudra également localiser les principaux traits physiques et démographiques de la zone de travail. Ceux-ci comprennent :

- Traits topographiques:--altitude, ruisseaux, traits principaux (points de repère) reconnus localement comme points de référence, vallées, terres agricoles et non-agricoles
- Communications (routes et pistes)--accès saisonnier, distances, temps et modes de trajet entre les points
- Démographie--emplacements des communautés (et leurs noms locaux), exploitants
- Infrastructure--systèmes d'irrigation, systèmes d'assèchement, magasins d'approvisionnement agricole, écoles, bureaux de vulgarisation, etc.

Vous pouvez vous-même établir une carte de référence montrant ces caractéristiques, basée sur vos observations personnelles et utiliser des cartes routières, des cartes topographiques, ou des cartes donnant une vue d'ensemble des sols/utilisation des terres disponibles auprès d'organismes d'état et intérnationaux ou organisations intérnationales travaillant dans cette région.

Familiariser-vous avec le climat et le schéma météorologique

Sources de renseignements

- Relevés des stations météorologiques--Obtenir toutes les données météorologiques disponibles auprès de la station météorologique la plus proche de votre zone d'affectation. Sa valeur instructive dépendra de la proximité de la station et de la représentativité des conditions de votre région.

- Cartes en relief--L'altitude est la principal facteur déterminant de la température aux tropiques; ne pas oublier que pour toute élévation de 100 m, la température moyenne tombe d'environ 0,65°C.

- Exploitants locaux--Les données météorologiques provenant de sources officielles peuvent être précieuses, mais non essentielles. On peut obtenir des renseignements relatifs au climat de la région et aux conditions météorologiques auprès des exploitants locaux ayant une certaine expérience.

Vous pouvez établir une carte de pluviosité suffisament précise pour satisfaire aux besoins de la phase d'introduction en vous contentant d'enregistrer les remarques faites par l'exploitant sur la distribution saisonnière des pluies. Vous pouvez faire la même chose pour les variations saisonnières de la température.

Liste de contrôle du climat et du temps

Etablir des tableaux et/ou diagrammes montrant la distribution mensuelle des pluies en utilisant les critères suivants :

- Echelle de sécheresse/humidité : (voir le paragraphe concernant la pluviosité au chapitre 2).
- Fréquence des pluies : le nombre de fois qu'il pleut dans une semaine ou un mois

On peut établir les facteurs de risque associés au climat et au temps (notamment, périodes de sécheresse, grêle, vents forts, inondations) en demandant aux exploitants de rappeler les années de mauvaises récoltes sur un certain nombre d'années. Soyez certain de faire une distinction entre le facteur de temps et les autres causes telles que les insectes et les maladies.

Quant à la température soyez certain de relever :

- Les moyennes de température mensuelles.
- Les périodes de température particulièrement élevées ou basses.
- L'apparition d'une premiére et derniére gelée destructrice éventuelle.

Familiarisez-vous avec les systèmes et méthodes agricoles existantes

Identifier les principales entreprises de culture et de bétail de la zone de travail.

Pour toute entreprise agricole de la zone, indiquer les renseignements suivants et prendre note de toute variation locale :

- La saison de croissance--Indiquer la saison de croissance normale et ses variations (précoce-tardive) et établir un calendrier des cultures par des graphiques à traits (voir la section concernant la pluviosité au chapitre 2).

- Décrire les méthodes de production--Ne pas confondre les méthodes recommandées par extension avec celles généralement admises par les exploitants. Les méthodes qui vous intéressent sont celles qui sont les plus couramment utilisées par les exploitants de la région. Noter tout écart parmi les différents groupes d'exploitants.

- Décrire les méthodes principales de préparation des sols--Préciser les premières et dernières dates d'application et indiquer le nom local des méthodes. Par exemple, dans un grand nombre de zones de l'Amérique Centrale, le buttage du maïs (rejetant le sol dans la rangée de plantation) s'appelle "aprogue".

- Décrire la nature et la quantité des apports extérieurs associés à la méthode. Ceci comprend la quantité appliquée, la méthode et le calendrier d'application, ainsi que les jours de travail par ouvrier.

Estimer les rendements et les recettes

A ce stade de l'orientation, il n'est pas nécessaire d'établir un bilan détaillé des coûts et des recettes. Une recherche de telles données peut susciter des soupçons ou craintes vis-à-vis de prélèvements sur les impôts à venir. Il suffit de faire des prévisions approximatives des coûts de production, et des recettes brutes et nettes.

- Enregistrer les rendements par unité de terre.

- Enregister les prix à l'époque normale de vente.

- Multiplier les prix récents par le rendment moyen approximatif pour obtenir les recettes brutes approximatives.

- Soustraire les coûts de production approximatifs des recettes brutes pour obtenir les recettes nettes approximatives. Ceci peut se faire de deux façons : recettes nettes sur le capital, la terre, et le travail familial où les seuls coûts de travail pris en compte sont ceux des ouvriers embauchés, ou bien recettes nettes sur la terre et

sur le capital auquel cas il faut donner un coût d'option (valeur de change) au travail familial et soustraire celui-ci des recettes brutes. La première méthode est la plus facile.

Indiquer les tendances relatives de la production

- Quel pourcentage de la culture est commercialisée? Faites un calcul.
- Identifier les principaux débouchés locaux (acheteurs).
- Indiquer le mouvement saisonnier de la production des exploitations : celle-ci est-elle vendue au moment de la moisson ou est-elle vendue en partie à la moisson et en partie plus tard pour obtenir des prix plus élevés, etc.?
- Indiquer les fluctuations des prix saisonniers (prix moyen sur plusieurs années).

Enumérer les entrées extérieures nécessaires à la production et disponibles sur place (au moment où elles sont demandées).

- Facteurs de production céréalière (donner les marques, types, et prix unitaires) : engrais, insecticides, fongicides, herbicides, outils manuels, équipement manuel, graines, etc.
- Machines et équipement agricoles (au besoin) : tracteurs (puissance en chevaux et marque), outils, pompes d'irrigation, etc.
- Services : tels que les services et les frais nécessaires à l'obtention d'équipement sur commande, ainsi que les services professionnels (préciser s'ils sont du secteur public ou privé), l'aide technique et les essais des sols, etc.

Résumer les informations obtenues

Pour chaque région, l'agriculture suit un calendrier ou une cadence saisonnière et il faut y adapter les activités. L'adaptation à ce rhythme est essentielle à une vulgarisation agricole efficace.

La meilleure façon de procéder consiste à résumer la première phase de l'orientation en établissant des calendriers sous forme de graphiques et de diagrammes montrant la cadence

saisonnière du climat, de l'agriculture et de la vie sociale d'une région.

Les graphiques, diagrammes et observations suivantes ont été établis par un groupe de bénévoles du Peace Corps affectés en tant qu'agents de crédit rural dans la région Pacifique du Nicaragua au cours d'un exercise d'orientation et de formation. Les principes pris en compte peuvent s'appliquer sur le plan mondial.

Etablir un calendrier généralisé du climat et du temps

Etablir un graphique de la répartition mensuelle normale des pluies basé sur les renseignements obtenus auprès des exploitants en utilisant des termes tels que humide, sec, un peu de pluie, la période la plus sèche, la pluviosité diminue, etc. Ceci peut se faire de trois façons :

1. Utiliser le graphique de la fréquence des pluies pour mesurer la répartition saisonnière.

2. Utiliser une échelle de sécheresse/humidité.

3. Mesurer la pluviosité si vous avez accès à des données météorologiques fiables.

Indiquer la gamme et la fréquence des écarts éventuels du schéma de pluviosité normale à partir des renseignements que vous avez obtenu auprès des exploitants, ou auprès d'une station météorologique (voir graphique à la page suivante).

Etablir un calendrier des activités agricoles

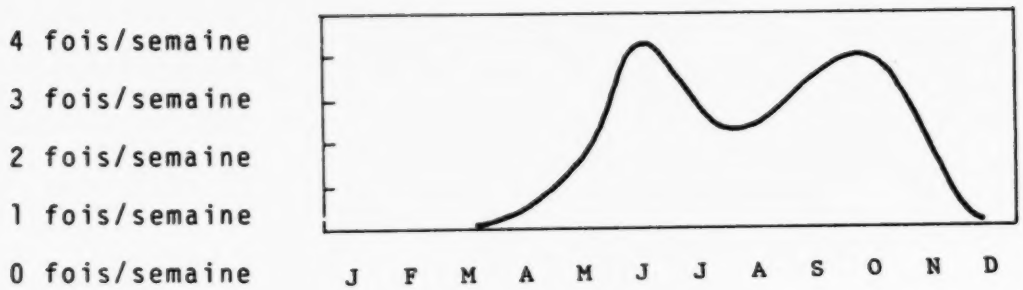
Pour toute entreprise agricole principale, montrer la longueur et l'étendue éventuelle de la saison de croissance, y compris les variations probables des périodes de plantation et de moisson.

(Voir l'exemple en bas de la page 40).

Indiquer la période d'exécution des opérations critiques et les besoins en main-d'oeuvre s'y rapportant.

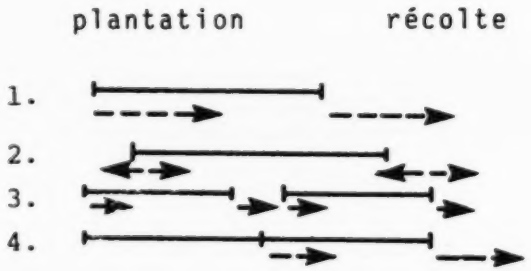
(Voir l'exemple en haut de la page 41).

Fréquence des pluies

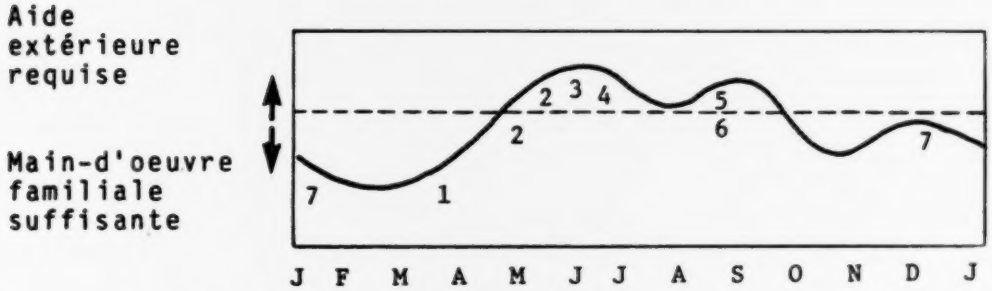


Exemple: Calendrier de mise en cultures, cultures et ordre d'importance dans la region d'Esteli au Nicaragua

1. Maïs, longue saison
2. Riz, terres sèches
3. Haricots
4. Sorgho non-photosensible amélioré



Exemple: Répartition du travail et calendrier des opérations agricoles principales dans la région d'Estelil au Nicaragua



1. Défrichement des terres
2. Préparation des terres
3. Ensemencement principal
4. Désherbage
5. Première récolte
6. Deuxième récolte
7. Récolte

Indiquer la demande en main d'oeuvre saisonnière relative, s'il existe des déplacements de main-d'oeuvre vers ou en provenance de la région. Déterminer la demande saisonnière d'autres apports critiques : il faut se rappeler qu'un apport extérieur n'est considéré critique que si les exploitants y croient. (Par exemple, si l'addition d'engrais n'est généralement pas utilisée, il ne constitue pas pour l'instant un facteur critique).

Etablir un calendrier de l'activité économique par rapport à l'agriculture.

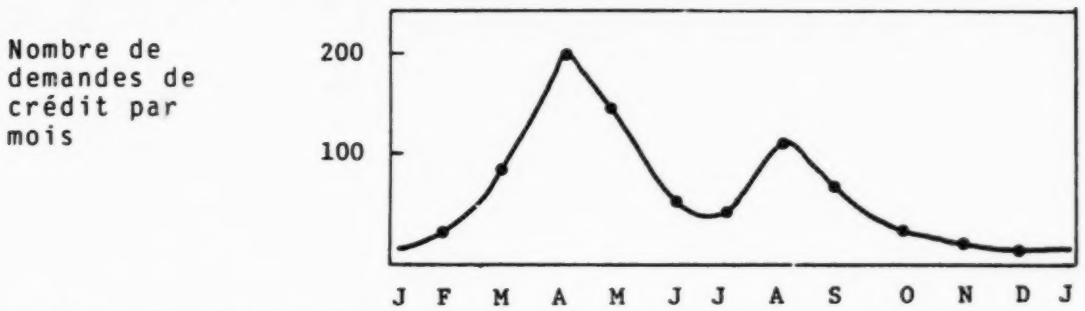
Indiquer la demande relative de crédit à la production à court terme.

(Voir l'exemple à la page suivante).

Indiquer le schéma saisonnier de commercialisation (taux de commercialisation des récoltes).

Etablir un graphique montrant la gamme saisonnière des prix.

Exemple: Demande de crédits à la production, Bureau Auxiliaire de la Banque Nationale de Nicaragua



Etablir un calendrier des activités sociales en prenant en compte les fêtes religieuses et autres fêtes ou obligations sociales basées sur les saisons.

Le résumé conclut la phase d'orientation initiale. Muni d'une bonne compréhension du milieu agricole local et des méthodes d'exploitation, vous êtes prêt à passer à la phase suivante : orientation à l'unité individuelle d'exploitation.

ORIENTATION A L'UNITE D'EXPLOITATION AGRICOLES

Quand vous aurez appris à communiquer de façon efficace avec les exploitants individuels en ce qui concerne leur travail et leurs entreprises agricoles, vous pourrez passer de la phase d'interrogation à un rôle plus actif. Si vous exprimez votre intérêt et vos connaissances du domaine commerciale agricole, vous verrez s'améliorer vos rapports avec les exploitants.

Etablir une description des unités d'exploitation typiques

Etablir un profil général représentatif d'une exploitation pour chaque type d'unité agricole sur laquelle vous aurez à travailler.

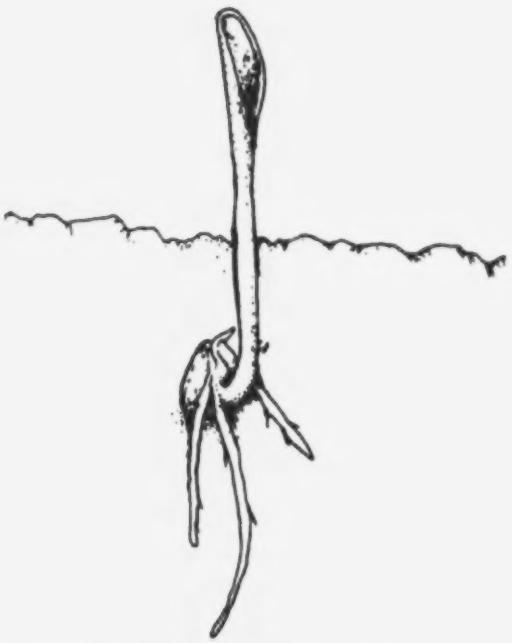
Etablir une description du cycle agricole annuel tel qu'il est perçu par l'exploitant

Pour chaque type d'unité d'exploitation avec laquelle vous êtes susceptible de travailler, faire un agenda annuel indiquant :

- Les opérations normales par mois ou par saison
- Les décisions que l'exploitant doit prendre et qui sont associées à ces operations
- Les préoccupations de l'exploitant au cours de l'année, telles que l'arrivée des pluies, les périodes de sécheresse, les dégâts des cultures causés par les oiseaux, les inondations, l'obtention d'aide extérieure, la bonne menée des opérations dans les limites de temps requises, etc.

3 Les cultures de référence

Il existe plusieurs raisons pour lesquelles les six cultures de référence -- maïs, sorgho, millet, arachides, haricots et pois sauvages -- sont groupés dans un seul guide. Toutes les cultures de référence sont des cultures en ligne (cultivées en rangées) et ont donc en commun un certain nombre de méthodes de production analogues. Dans les pays en voie de développement, deux cultures ou plus sont également susceptibles d'être communes à une région d'exploitation donnée et sont souvent interdépendantes en ce qui concerne la rotation des cultures et les cultures dérobées (voir le chapitre 4). De plus, elles constituent toutes des cultures vivrières. Les pays en voie de développement sont les principaux producteurs des cultures de référence, à l'exception du maïs.



(A gauche) Germination d'un semis de maïs ; noter qu'il n'a qu'une feuille germinale ce qui en fait un monocotylédon. Les monocotylédons émergent du sol avec une pointe en forme d'épi. Ils ont généralement moins de problèmes en ce qui concerne les mottes de terre et la poussière du sol que les dicotylédons.

CULTURES CEREALIERES PAR RAPPORT AUX CULTURES LEGUMINEUSES

Le maïs, le sorgho à grains, et le millet sont connues comme des cultures céréalières avec le riz, le blé, l'orge, l'avoine et le seigle. On appelle souvent leurs grains mûrs et secs (graines) des céréales. Toutes les cultures céréalières appartiennent à la famille des graminées (Gramineae) qui comprend la portion la plus importante de la division des Monocotylédons des plantes à fleurs (productrices de graines). Tous les Monocotylédons sortent du sol avec une première feuille qu'on appelle feuille germinale ou Cotylédon.

Les arachides, les haricots, et les pois sauvages sont reconnus sous le nom de cultures légumineuses, légumes à grains ou légumineuses, avec d'autres cultures telles que les haricots de Lima, le soja, le pois chiche, les pois cajans, les haricots mungos, et les petits pois. Les légumineuses appartiennent à la famille des légumes (Leguminosae) dont les plantes produisent leurs graines dans des gousses. Certains légumes commes les arachides et les sojas sont connus aussi sous le nom de graines oléagineuses à cause de leur teneur élevé en matières végétales oléagineuses.

(A droite:
germination d'une
plante de haricot ;
noter les deux
cotylédons épais (feuilles
germinales) qui
formaient à l'origine les
deux moitiés de la
graine.

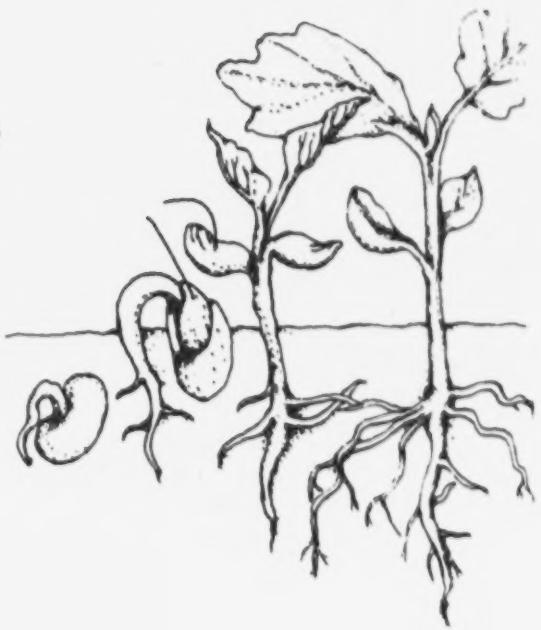


Tableau 2

Production mondiale et regionale
des cultures de référence
(Données de FAO de 1977)

Culture	Production mondiale globale (en milliers de tonnes métriques)	Pourcentage de la production mondiale	
		Pays en voie de développement	Pays développés
MAIS	350,0	32,4	67,6
SORGHO A GRAINS	55,4	59,9	40,1
MILLET	42,9	95,1	4,9
CACAHUETES (Arachides)	17,5	88,2	11,8
HARICOTS, DOLIQUES	12,9	86,1	13,9

Les légumineuses appartiennent à l'autre division principale des plantes à fleurs appelés dicotylédons (Dicotyledonae). A la différence des monocotylédons, les plantes dycotylédones ont deux feuilles germinales lorsqu'elles émergent du sol.

De plus, les légumineuses possèdent deux caractéristiques très importantes pour les exploitants ainsi que pour ceux qui les consomment :

- Elles contiennent de deux à trois fois plus de protéine que les céréales (voir le Tableau 3).
- Les légumineuses obtiennent l'azote dont elles ont besoin par une relation de symbiose (mutuellement bénéfique) avec diverses espèces de Rhizobium (un type de bactérie) qui forme des nodosités sur les racines de la plante (voir l'illustration à la page suivante). L'azote constitue l'élément nutritif dont la plante a le plus besoin et il est également le plus onéreux lorqu'on l'achète en tant qu'engrais chimique. Le rhizobium peut vivre de petites quantités de sucre produit par la légumineuse et, en échange, transforme l'azote de l'atmosphère (normalement inaccessible aux plantes), en une substance utilisable. Ce processus très utile s'appelle fixation de l'azote. A l'inverse, les céréales et autres cultures non-légumineuses dépendent entièrement de l'azote fourni par le sol ou de l'apport d'engrais.

En dépit du besoin urgent d'augmenter la production de céréales aussi bien que de légumineuses dans les pays en voie de développement, la majorité des efforts d'amélioration des cultures apportés par la "Révolution Verte" se sont concentrés sur les céréales (voir le chapitre 7). Le résultat en est que le rendement des légumineuses dans la région a très peu augmenté, ou même pas du tout. Dans certains secteurs, la production totale de légumineuses a même diminué en faveur de la production céréalière, bien qu'un grand nombre de pays en voie de développement souffrent d'une pénurie chronique de protéine. Heureusement, on remédie à l'heure actuelle à cette situation.

Nodulosités fixateurs de l'azote sur les racines d'un plant de haricot. Remarquer qu'ils sont rattachés aux racines sans en faire réellement partie.

LA VALEUR NUTRITIVE DES CULTURES DE REFERENCE

Les céréales, dont le contenu en féçule est plus élevé et dont les prix sont plus bas, constituent une source principale d'énergie (calories) dans les pays en voie de développement. La consommation de céréales y est suffisamment élevée pour contribuer à un apport substantiel en protéine dans le régime alimentaire des enfants plus âgés et des adultes (bien qu'il soit encore bien au-dessous des besoins qualitatifs et quantitatifs). Un autre avantage est que les céréales contiennent un certain nombre de vitamines et de minéraux, y compris la vitamine A qui se trouve dans les variétés jaunes de maïs et le sorgho. Leur apport en protéine est relativement faible (7 à 14%) et ils sont déficients en un certain

nombre d'aminoacides. Les nourrissons et les enfants, dont les besoins en protéine sont plus élevés par rapport au poids du corps et dont l'estomac est plus petit, ne bénéficient pas, lorsqu'ils consomment des céréales, d'un apport en protéine aussi important que celui des adultes. Des études ont également démontré que certaines cultures de référence perdent une quantité importante de vitamines et de protéine lors des méthodes traditionnelles de préparation (moulage, trempage et séchage).

Les légumineuses ont une teneur en protéine bien plus élevée que les céréales (17 à 30% pour les légumineuses de référence) et contiennent généralement des quantités plus importantes de vitamines B et de minéraux. Malheureusement, ils présentent également certaines déficiences en aminoacides.

Toutes les protéines d'origine animale (viande, volaille, poisson, oeufs, lait et fromage) sont des protéines complètes (c'est-à-dire qu'elles contienennt tous les aminoacides essentiels), mais leur prix élevé les rend inaccessibles à une grande partie de la population dans les pays en voie de développement.

Heureusement, il est possible de satisfaire les besoins en protéine du corps humain sans dépendre entièrement de protéines de source animale. Les céréales et les légumineuses, bien qu'elles ne soient pas elles-mêmes complètes en protéines, peuvent se compléter en ce qui concerne leur déficience en aminoacides. Les céréales ont généralement une teneur en lysine (un aminoacide essentiel) faible, mais de l'autre côté sont riches en méthionine (un autre aminoacide). L'inverse est vrai en ce qui concerne la plupart des légumineuses. Si elles sont consommées ensemble ou dans une période rapprochée l'une de l'autre et dans des proportions adéquates (généralement une part de légumineuses pour deux parts de céréales), une alimentation qui combine le maïs et les haricots ou le sorgho et les pois chiches est complète en protéines. Dans la plupart des pays en voie de développement, les légumineuses sont cependant plus onéreuses que les céréales, ce qui rend difficile une alimentation équilibrée.

Tableau 3

Valeur Nutritive des Cultures de Référence
(en poids sec)

Culture	% Protéine	Calories/100g	Calories/440g
MAIS	8-10	355	1.600
SORGHO A GRAIN	7-13	350	1.600
MILLET PERLE	10-13	330	1.500
HARICOT ORDINAIRE	21-23	340	1.550
DOLIQUES	22-24	340	1.550
ARACHIDE (cacahuètes)	28-32	400	1.800

UNE INTRODUCTION AUX CULTURES INDIVIDUELLES

Le Maïs (Zea mays)

Distribution et Importance

Si l'on considère la production mondiale totale, le maïs et le riz occupent la deuxième place après le blé. L'importance du maïs est dûe à plusieurs facteurs :

- Le maïs peut s'adapter à une grande variété de températures, de sols et de niveaux d'humidité ; il est également résistant aux maladies et aux insectes.
- Il a un potentiel de rendement élevé.
- Il peut être consommé aussi bien par les hommes que par les animaux.

Types de Maïs

Il existe cinq principales espèces de maïs :

- Le maïs à grains dentés : C'est l'espèce la plus

cultivée aux U.S.A. L'extrémité de sa graine contient de la fécule molle qui se rétrécit et forme une dent en haut du grain.

• Le maïs à grains vitreux : Très cultivé en Amérique latine, en Asie, en Afrique et en Europe. Ses grains sont durs et lisses avec très peu de fécule molle. Cette espèce résiste davantage à l'attaque des insectes d'entreposage tels que les charançons que le maïs denté ou le maïs farineux.

• Le maïs farineux : Composé essentiellement de fécule molle et largement cultivé dans la région des Andes en Amérique du sud. Il est plus susceptible à l'attaque des insectes d'entreposage et se casse plus facilement que les espèces plus dures.

• Maïs perlé (éclaté) : C'est en fait une forme extrême du maïs vitreux.

• Maïs sucré : Son contenu en sucre est au moins deux fois plus élevé que celui du maïs ordinaire. Il est consommé sous forme immature lorsque son rendement en grains n'en est qu'à un tiers de son potentiel. Il est plus susceptible à l'attaque des insectes lors de sa culture, ceux-ci s'attaquant particulièrement aux épis.

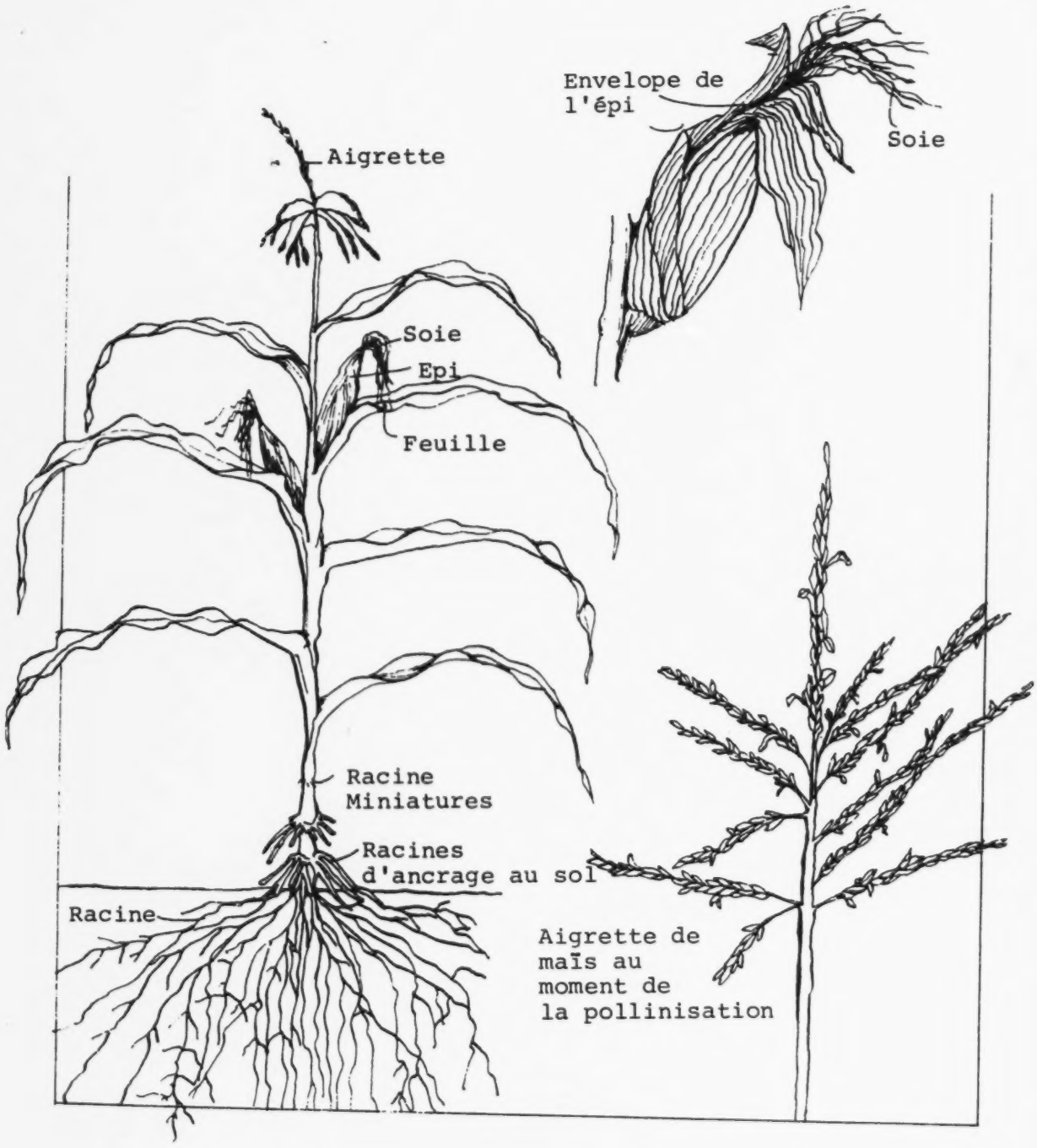
Il existe une espèce au potentiel très important appelée maïs hi-lysine (à haute teneur en lysine) dont le contenu en lysine est plus du double. Cette espèce en est presque au stade d'application en masse, mais il faudra résoudre certains problèmes de culture et d'entreposage avant d'en arriver à ce stade. (Voir la section traitant de l'amélioration du maïs située à la fin de ce chapitre).

Rendements du Maïs

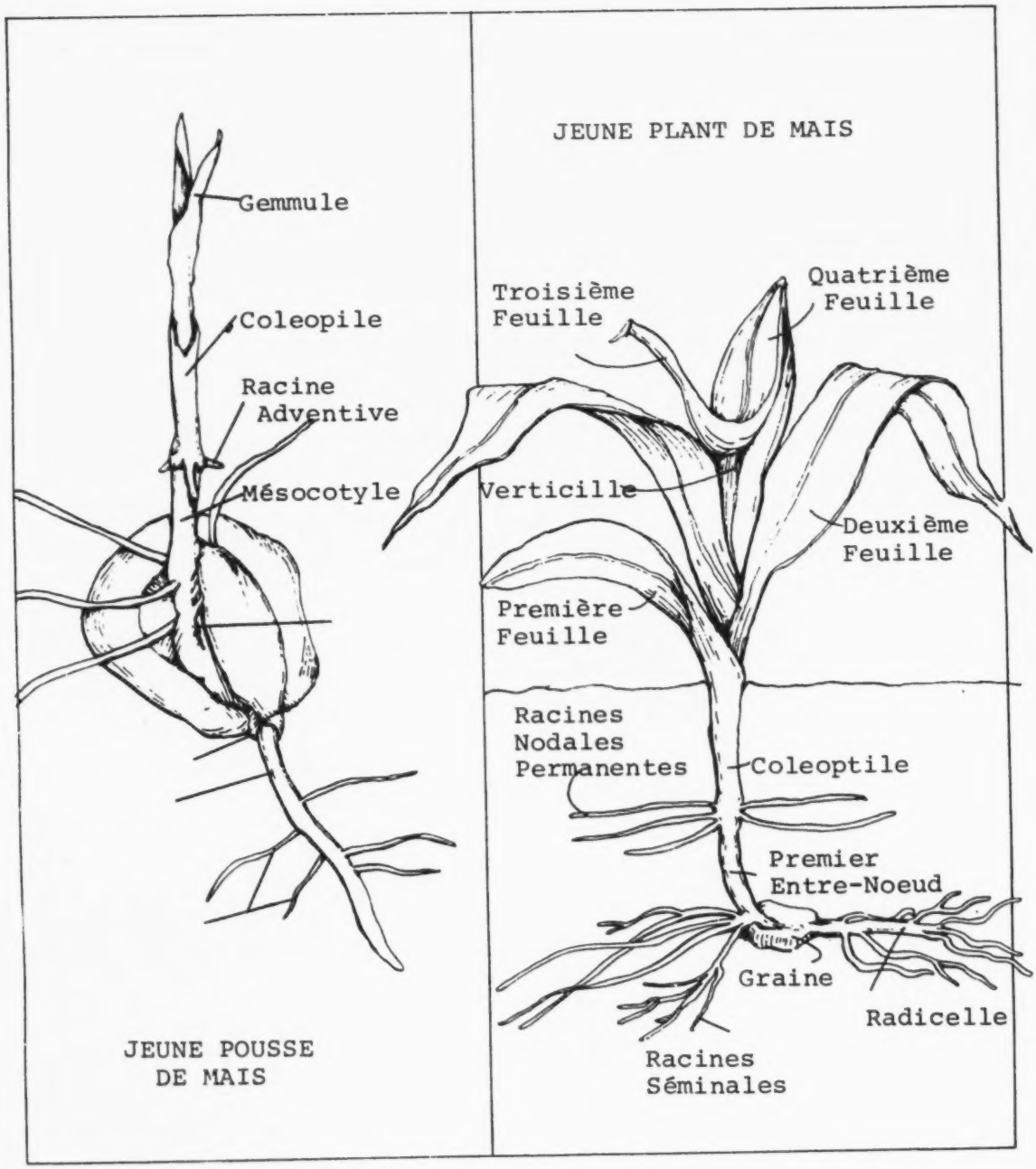
Le rendement moyen en grain décortiqué (14% d'humidité) dans diverses conditions de culture est donné au tableau à la page 55).

Conditions Climatiques de la Culture du Maïs.

Précipitations : Le maïs cultivé dans des conditions de non-irrigation (eaux de pluie) requiert un mimimum d'environ 500 mm de pluies pour pouvoir atteindre un rendement satisfaisant. Dans des conditions idéales, la plus grosse partie de ces précipitations devraient survenir lors de la saison de croissance même, bien que des sols profonds limoneux ou argileux puissent emmagasiner jusqu'à 250 mm d'eau de pluie



Un épi de maïs. Chaque soie est reliée à un ovule (grain potentiel) sur l'épi. Les espèces varient en ce qui concerne la longueur et l'épaisseur et l'enveloppe de l'épi, ce qui détermine la résistance aux insectes et aux moisissures résultant de l'humidité pouvant s'attaquer à l'épi dans le champ.


JEUNE PLANT DE MAIS
Gemmule
Coleopile
Racine Adventive
Mésocotyle
Troisième Feuille
Quatrième Feuille
Verticille
Deuxième Feuille
Première Feuille
Racines Nodales Permanentes
Coleoptile
Premier Entre-Noeud
Graine
Radicelle
Racines Séminales
JEUNE POUSSE DE MAIS

Rendement Moyen en Grains Décortiqués

	livres/acre	kg/hectare
Gros exploitants dans la région productrice de maïs aux U.S.A.	9.000-12.000+	10.000-13.500
Moyenne aux U.S.A.	5.050	5.700
Moyenne pour les pays développés	4.200	4.700
Moyenne pour les pays moins développés	450-1.350	500-1.500
Rendement potentiel pour les petits exploitants de pays moins développés avec des méthodes améliorées	3.500-5.500	4.000-6.000

Source : données FAO et USDA, 1977.

tombée au cours de la saison précédente dans la zone des racines de la culture future. Tout facteur suivant aura pour effet d'augmenter les besoins en humidité du maïs (et d'autres cultures) :

- De longues périodes de croissance dûes à des températures fraîches.
- Des sols peu profonds et/ou sabloneux avec une faible rétention d'eau.
- Un écoulement excessif des eaux de pluie dû à un manque de contrôle de l'érosion sur un terrain en pente.
- Une faible humidité, particulièrement lorsque ce facteur est associé à la présence du vent.

Le maïs possède une certaine résistance à des périodes de sécheresse courtes mais la résistivité du sorgho et du millet à la sécheresse est nettement plus forte.

Température : Le taux de croissance optimal du maïs augmente avec des températures d'environ 32-35°C si l'humidité du sol est abondante, mais il diminue quelque

peu avec des températures d'environ 27-30°C lorsque l'humidité du sol est adéquate. Si l'humidité du sol est faible, les températures du taux de croissance optimal descendent à 27°C ou au-dessous. A des températures de 10°C ou moins, le maïs pousse lentement ou pas du tout et est susceptible de souffrir du gel. Cependant, des températures diurnes supérieures à 32°C feront diminuer le rendement si elles surviennent lors de la pollinisation. Les rendements sont également réduits par des températures nocturnes excessivement élevées, celles-ci accélérant le taux de respiration de la plante et la consommation des réserves de croissance.

Conditions du sol : Le maïs pousse bien dans une grande variété de sols si l'écoulement des eaux de pluie est adéquat (pas d'accumulation d'eau). Il a un réseau de racines développé (jusqu'à 185 cm) et réagit bien sur des sols profonds permettant un meilleur entreposage de l'humidité au cours de périodes de sécheresse. Le pH idéal pour le maïs est de l'ordre de 5,5 à 7,5, bien que certains sols tropicaux donnent de bons rendements avec un pH pouvant descendre jusqu'à 5,0 (sol très acide). Les besoins en chaulage et les besoins nutritionnels du maïs sont traités au Chapitre 5.

Réaction à la Longueur du Jour : La durée de la période de croissance d'un grand nombre de plantes est affectée par la longueur du jour. C'est ce qu'on appelle la réaction photosensible (photopériodique). La plupart des variétés de maïs sont des plantes "de journées courtes", ce qui signifie qu'elles mûrissent plus tôt si elles sont transposées dans une région où les journées sont bien plus courtes que dans la région pour laquelle elles ont été mises au point. Aux tropiques, la variation de longueur de jour est pratiquement inexistante au cours de l'année ou d'une région à une autre. Les variétés de maïs des zones tempérées étant adaptées aux journées plus longues des étés de ces régions, elles fleuriront et atteindront leur maturité trop vite pour pouvoir offrir un bon rendement si elles sont transposées aux tropiques. La graine du maïs sucré provenant de la zone tempérée peut donner

une plante atteignant à peine la hauteur du genou aux tropiques et produit des épis très petits, mais dans un temps record! De la même façon, la nouvelle variété "géante" de maïs dont on parle beaucoup dans certains magazines de jardinage n'est rien d'autre qu'une variété adaptée aux journées très courtes des tropiques. Lorsqu'elle est cultivée en zone tempérée, les journées beaucoup plus longues retardent sa maturité et favorisent une croissance végétative. Certaines variétés de maïs sont cependant neutres par rapport à la longueur du jour et réagissent très peu aux variations de longueur du jour.

Comme il l'a été mentionné précédemment, la teneur relativement faible en protéine et fort en fécule du maïs en fait une source plus importante d'énergie (calories). Beaucoup croient que le maïs jaune a plus de protéine que le maïs blanc, alors que la seule différence nutritionnelle entre ces deux espèces est la présence de vitamine A dans la variété jaune (appelée également carotène).

A la différence de la production dans les pays développés, la production de maïs dans les pays en voie de développement est presque entièrement utilisée pour l'alimentation humaine sous forme de farine épaisse et fine, de tortillas (galettes de maïs) ou de pâte épaisse. Dans les régions humides où des problèmes importants de perte rendent difficile l'entreposage du grain, une partie importante du maïs peut être consommée comme du maïs sucré lorsqu'il en est encore à un stade d'immaturité.

Il existe de nombreuses utilisations industrielles et alimentaires du maïs sous forme de quelques 500 produits et sous-produits. Diverses méthodes de moulage et de raffinage peuvent produire de la fécule, du sirop, des aliments pour les animaux, du sucre, de l'huile végétale, de la dextrine, des céréales pour le petit déjeuner, de la farine fine et épaisse et de l'acétone. Le maïs est également utilisé dans la fabrication de boissons

alcoolisées partout dans le monde.

Périodes de croissance du maïs

Selon la variété et les températures de croissance, le maïs peut atteindre sa maturité physiologique (stade auquel les grains ont cessé d'accumuler la fécule et la protéine) en 90 à 130 jours environ après l'émergence de la plante lorsque celle-ci est cultivée aux tropiques à des élévations situées entre 0 et 1.000 mètres. A des élévations supérieures, il peut mettre 200 à 300 jours pour atteindre sa maturité. Même à la même altitude et avec des températures identiques, certaines variétés atteindront leur maturité beaucoup plus tôt que d'autres. On les appelle variétés précoces. La principale différence entre une variété précoce (à 90 jours) et une variété tardive (à 130 jours) est la période de temps séparant l'émergence de la plante et la formation des aigrettes (période végétative). Ce stade peut varier de 40 à 70 jours. La période reproductive (de l'apparition des aigrettes à la maturité) pour les deux espèces est relativement similaire et varie de 50 à 58 jours environ. L'exposé suivant donne une description des phases de croissance et des facteurs de gestion qui leur sont associés pour une variété de maïs à 120 jours.

PHASE I :

DE LA GERMINATION A LA FORMATION DES AIGRETTES

Les plantes émergent en quatre à cinq jours dans des conditions chaudes et humides mais elles peuvent mettre jusqu'à deux semaines ou plus si le temps est frais ou très sec. Pratiquement aucune germination ne se fera à des températures de sol au-dessous de 13°C. Des champignons et des insectes s'attaquant à la graine dans le sol sont encore actifs dans des sols frais et ils peuvent causer des dégâts considérables avant même que les jeunes plants commencent à pousser. L'application de fongicides (voir le Chapitre 6) sont généralement bénéfiques dans des conditions de culture fraîches et humides et peut augmenter le rendement de 10 à 20%.

Les graines de maïs sont grandes et contiennent suffisamment de réserves nutritives pour alimenter la

croissance au cours de la première semaine suivant l'émergence. Les plantes doivent ensuite compter sur les éléments nutritifs apportés par le sol ou l'application d'engrais. Jusqu'au stade où il arrive à la hauteur du genou, les trois éléments nutritifs principaux - azote, phosphore et potassium - sont nécessaires en quantités relativement petites, mais les jeunes plants ont besoin d'une forte concentration de phosphore près des racines pour en stimuler le développement.

Les racines primaires sont entièrement développées environ deux semaines après l'émergence du jeune plant et sont alors remplacées par les racines permanentes (appelées racines nodales) qui commencent à pousser à partir de la couronne (la base de la plante située sous le sol entre la tige et les racines). La profondeur de plantation va déterminer la profondeur à laquelle les racines primaires se forment mais n'a aucun effet sur la profondeur à laquelle les racines permanentes commenceront à se développer.

Jusqu'au stade où la plante arrive à hauteur du genou, la pointe de croissance (un petit amalgame de cellules à partir duquel les feuilles, l'aigrette et l'épi se forment) est encore au-dessous de la surface du sol, entourée d'une enveloppe de feuilles recroquevillées. Un gel léger ou la grêle peut détruire la partie de la plante située au-dessus du sol, mais la pointe de croissance (si elle se trouve sous le sol) ne subira généralement pas de dégâts, et la plante s'en remettra presque complètement. Cependant, une inondation à ce stage causera plus de dégâts que plus tard lorsque la pointe de croissance aura été portée hors du sol par la tige.

La pointe de croissance joue un rôle végétatif en produisant de nouvelles feuilles (environ une tous les deux jours) jusqu'à ce que la plante atteigne la hauteur du genou ; un changement majeur se produit alors. Sur une période de quelques jours, la pointe de croissance qui

était sous la surface du sol est transportée au-dessus du sol par la poussée de la tige et passe de la production de feuilles à l'initiation de la formation des aigrettes dans la plante même. (Si vous coupez une plante dans le sens de la longueur à ce stade, vous pouvez voir la pointe de croissance se présentant sous forme d'extrémité en pointe à l'intérieur de la tige). A ce stade, les racines provenant de rangées adjacentes ont gagné du terrain et se croisent dans les espaces séparant les rangées (pour des rangées d'un mètre de largeur maximale).

La période séparant l'initiation des aigrettes de leur émergence dure environ cinq à six semaines et c'est une période de croissance très rapide en ce qui concerne la hauteur de la plante, la taille des feuilles et le développement des racines. La profondeur maximale des racines peut atteindre 180 cm, dans des conditions optimales de sol, d'humidité et de fertilité et elle est atteinte au moment de l'émergence des aigrettes.

Une consommation nutritive maximale se produit entre les trois semaines précédant et les trois semaines suivant la formation des aigrettes et l'utilisation maximale de l'eau se fait à partir de la formation des aigrettes jusqu'au stage de la formation de "pâte molle" (environ trois semaines après la formation des aigrettes).

PHASE II :
FORMATION DES AIGRETTES ET POLLINISATION

La formation des aigrettes se produit environ 40 à 70 jours après l'émergence de la plante pour les variétés de 90 à 130 jours. L'aigrette (la fleur) émerge du verticille des feuilles un ou deux jours avant qu'elle ne commence à perdre le pollen. La perte de pollen commence deux à trois jours avant que la soie n'émerge de l'extrémité de l'épi et continue pendant cinq à huit jours. Si les conditions sont favorables, toutes les soies émergent dans les trois à cinq jours et la plupart d'entre elles sont pollinisées le premier jour.

Chaque soie est reliée à un ovule (un grain potentiel). Lorsqu'un grain de pollen se pose sur une soie, il en sort un

tube de pollen qui va rejoindre le coeur de la soie et fertilise l'ovule situé à l'autre extrémité en quelques heures. La pénurie de pollen présente rarement un problème, 20.000 à 50.000 grains de pollen étant produits par soie. Un mauvais remplissage de l'épi (le nombre de grains sur un épi) ou un remplissage irrégulier sont presque toujours dûs à l'émergence retardée de la soie ou à l'avortement de l'ovule, ces deux phénomènes étant causés par la sécheresse, la surpopulation ou un manque d'azote et de phosphore. Une chaleur extrême (au-dessus de 35°C) peut diminuer la vigueur du pollen et affecter également le remplissage de l'épi. Certains insectes tels que l'anguillule des racines (Diabrotica spp.) ou le doryphore japonais (Popillia japonica) peuvent couper les soies avant la pollinisation.

Le maïs est pollinisé par croisement et 95% ou plus des grains d'un épi reçoivent généralement leur pollen de plantes de maïs voisines. Ceci signifie également que différents types de maïs tels que les variétés à haute teneur en lysine doivent être isolées du pollen provenant d'autres plants de maïs si l'on veut qu'elles conservent leurs caractéristiques.

La pollinisation est une période très critique au cours de laquelle les besoins en eau et en éléments nutritifs sont très élevés. Un ou deux jours de fanaison au cours de cette période peut réduire le rendement de 22% et six à huit jours de fanaison peut le réduire de 50%.

Quelques jours après la pollinisation, les soies commencent à se faner et brûnissent. Les soies non-pollinisées restent pâles et fraîches pendant quelques semaines, mais, comme il l'a été mentionné plus haut, elles ne peuvent recevoir le pollen que pendant une semaine environ après leur émergence de l'extrémité de l'épi.

PHASE III :
DU DEVELOPPEMENT DE L'EPI A LA MATURITE

La plupart des épis de maïs ont 14 à 20 rangées comportant 40 ovules ou plus par rangée et produisent environ 500 à 600 grains. Toute pénurie d'eau, d'éléments nutritifs ou de rayonnement solaire au cours des quelques premières semaines du développement des grains affectera généralement en premier les grains situés à l'extrémité de l'épi, les faisant se recroqueviller ou avorter. Le maïs est très sensible au stress (contrainte) d'humidité (pénurie d'eau) à ce stadge étant donnés ses besoins plus importants en eau (jusqu'à 10 mm par jour dans des conditions très chaudes et sèches).

Le dégât du vent au cours des premiers stades de développement des grains est rarement sérieux, même si les plantes sont couchées par le vent, car elles possèdent l'aptitude à se redresser en position verticale.

Stades de Développement des Grains de Maïs

- Phase de formation de "cloques" : Se produit environ 10 jours après la pollinisation lorsque les grains commencent à gonfler, mais contiennent du liquide et très peu de matière solide.

- Phase de grillage de l'épi : Se produit environ 18 à 21 jours après la pollinisation. Bien que le maïs de champ ait une teneur en sucre bien moins élevée que le maïs sucré, il est encore sucré à ce stade. Les grains ont accumulé environ un tiers du rendement total en matière solide qu'ils auront à leur maturité physiologique. A partir de ce stade, tout type de stress est plus susceptible d'affecter la taille du grain plutôt que le remplissage de l'épi à l'extrémité de celui-ci.

- Phase de "pâte" : Environ 24 à 28 jours après la pollinisation.

- Approche de la maturité : Au fur et à mesure que l'on se rapproche de la maturité, les feuilles du bas jaunissent et meurent. Chez une plante saine et bien nourrie, ceci ne devrait se produire que lorsque l'épi est pratiquement mûr. Cependant, tout facteur de stress sérieux - sécheresse, faible fertilité du sol, chaleur excessive, maladies - peut causer la perte prématurée des feuilles. Dans des conditions idéales, la plupart des feuilles

des feuilles devraient être encore vertes lorsque l'enveloppe de l'épi commence à mûrir et à brûnir. La mort prématurée de la plante de maïs peut réduire le rendement de façon considérable et avoir pour résultat une production de petits grains recroquevillés.

- Maturité physiologique : Environ 52 à 58 jours après que 75% des soies des épis de maïs d'un champ aient émergé. Les grains ont atteint leur rendement maximal et ont cessé d'accumuler davantage de matières sèches. Mais, ils ont toujours une teneur en eau de 30 à 35%, ce qui est trop élevée pour pouvoir les récolter de façon combinée (ramasseuse-égreneuse) sans entraîner des avaries, ou les entreposer sans qu'ils ne se déteriorisent (sauf sous forme d'épis égrenés entreposés en clayettes ; voir le chapitre 7). Les petits exploitants laissent généralement le maïs sur pied dans le champ sans le récolter pendant plusieurs semaines ou plus pour le faire davantage sécher. Dans certaines régions, surtout en Amérique latine, il est pratique courante de replier les épis (ou les plantes avec les épis) vers le bas pour empêcher une pénétration d'eau des pluies par l'extrémité de l'épi ce qui entraînerait des dégâts. Cette méthode permet également de réduire les dégâts causés par les oiseaux en laisse pénétrer la lumière de soleil pour la plantation d'une culture dérobée éventuelle.

Nombre d'épis par plante : La plupart des variétés tropicales et subtropicales de maïs produisent normalement deux à trois épis rentables par plante dans de bonnes conditions de culture. Par contre, la plupart des types cultivés dans la zone de culture du maïs des Etats Unis ne produisent qu'un seul épi. Un avantage des variétés produisant des épis multiples (souvent appelées variétés prolifiques) c'est qu'elles possèdent une capacité-tampon qui leur est inhérente : dans le cas des conditions de culture défavorables, elles sont toujours capable de produire au moins un épis.

Sorgho à grains
(Sorghum bicolor)

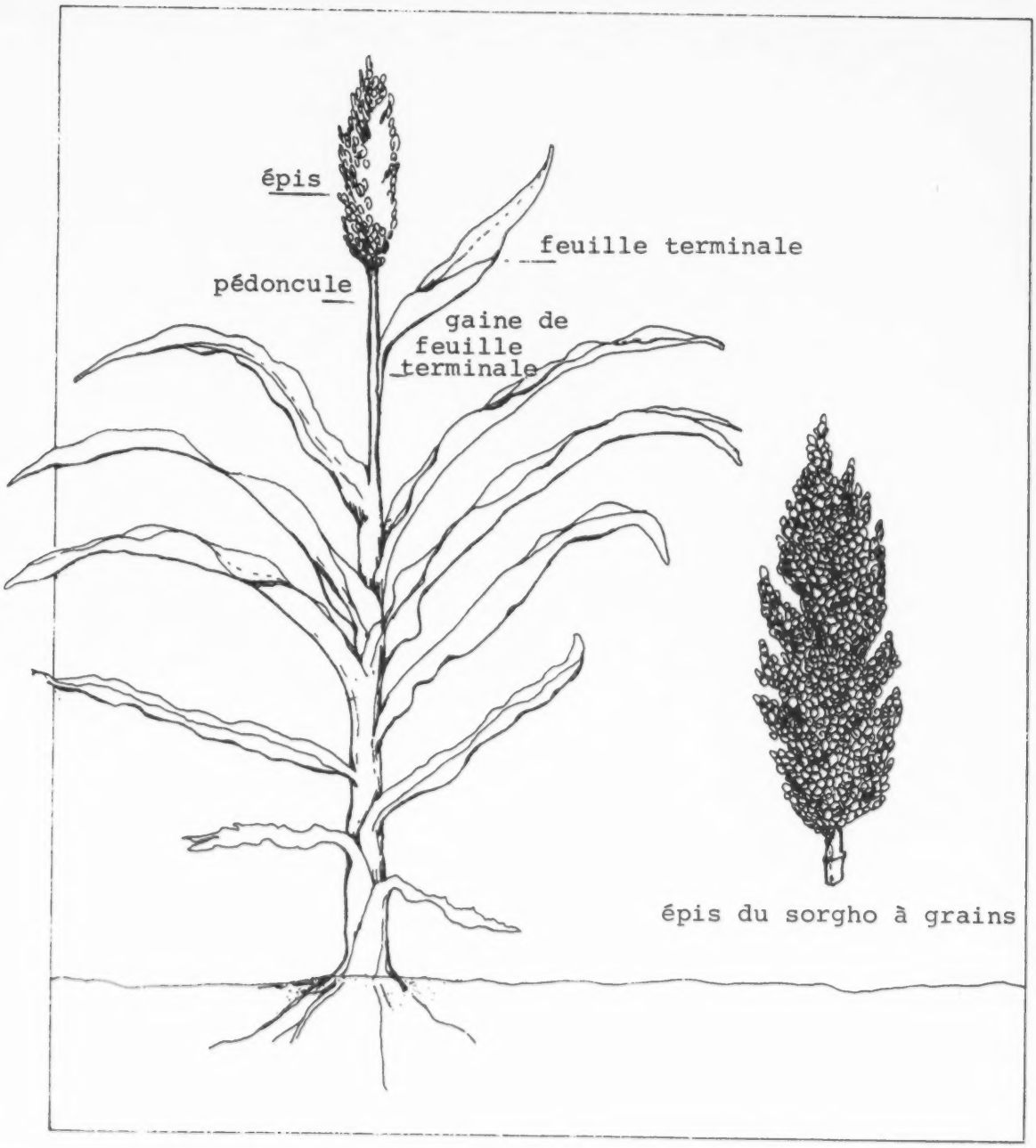
Distribution et importance

Bien que le sorgho à grains ne constituait que 3,6% de la production céréalière mondiale en 1977 (données de la FAO), plusieurs facteurs le rendent une culture particulièrement importante dans les pays en voie de développement :

- Les pays en voie de développement sont responsables d'environ 60% de la production mondiale de sorgho à grains.
- Il est résistant à la sécheresse et à la chaleur et convient particulièrement bien aux régions semi-arides des tropiques où les précipitations sontn marginales telles que les zones de la savanne et la région du Sahel en Afrique où les pénuries en denrées alimentaires ont été critiques).

Types de sorgho

Sorgho à grains par rapport au sorgho à fourrage : Dans les régions où le sorgho est cultivé dans les pays en voie de développement, on fait une distinction entre le sorgho à fourrage et le sorgho à grains. Par exemple, aux Etats Unis (où le sorgho est souvent appelé le "milo"), on a introduit des caractéristiques génétiques de nanisme chez presque toutes les variétés de sorgho à grains de façon à réduire la hauteur de la plante à 90 à 150 cm pour faciliter la récolte mécanisée. Par contre, les types du sorgho à fourrages sont beaucoup plus hauts, ont des grains plus petits et la proportion de tiges et de feuilles est plus importante par rapport à celle des grains. On les utilise surtout pour l'alimentation des bovins sous forme de fourrage vert frais ou ensiloté (fourrage vert préservé par un processus de fermentation), mais parfois on les laissent en pâturage pour être consommés par le bétail. L'herbe de Soudan et une variété du sorgho à fourrage dont les épis sont notablement petits et dont les feuilles ressemblent à des brins de l'herbe. Des croisements sorgho-sudan sont



Plante de sorgho à grains approchant sa maturité

disponibles également.

Dans les pays en voie de développement, particulièrement là où le bétail est important, la plupart des variétés traditionnelles de sorgho à grain ont certaines des caractéristiques du sorgho de fourrage, telle la hauteur et une forte proportion de tige par rapport aux feuilles.

Il existe de nombreuses variations d'une région à l'autre parmi les variétés locales de sorgho à grains :

Rendements en Grains Secs

	Livres/acre	Kg/hectare
Rendements maximaux aux U.S.A. sous irrigation	9.000-12.000	10.000-13.400
Rendements maximaux aux U.S.A. sans irrigation	5.000-8.000	5.600-9.000
Moyenne aux U.S.A.	3.130	3.520
Moyenne pour les pays développés	2.900	3.260
Moyenne pour les pays en voie de développement	400-800	450-900
Rendements possibles sans irrigation pour des exploitants utilisant des méthodes améliorées	3.360-5.000	3.000-4.500

Sorgho Sucré (Sorgo) et sorgho à balai :

Les variétés de sorgo ont de hautes tiges juteuses très sucrées et sont utilisées dans la fabrication de sirop ainsi que pour l'alimentation des animaux sous forme de fourrage et de fourrage ensiloté. Le sorgho à balai est une variété de sorgho cultivé pour son plumeau, utilisé principalement comme balai.

Rendements du sorgho

Le sorgho à grains offre une meilleure stabilité de rendement dans une variété de conditions de culture que le maïs. Bien que son rendement soit supérieur à celui du maïs au cours de périodes de pluies inférieures à la normale, des pluies importantes peuvent causer certains dégâts. Les

rendements en grains secs (14% d'humidité) dans diverses conditions de culture figurent au tableau de la page précédente (basé sur des données de la FAO, de l'USDA et de l'Institut pour la Recherche Internationale).

Apport en protéine/rendement : L'apport en protéine des grains de sorgho peut varier considérablement (de 7 à 13% sur des sols pauvres en azote), ceci étant dû aux différences de précipitations. L'azote (N) constituant une part importante de la protéine, l'apport en protéine du grain est susceptible d'être plus élevé si les pluies sont plus rares ; moins il y a d'eau, plus le rendement est faible, mais plus la concentration de N dans le grain est élevée. La fluctuation en protéine est moindre sur des sols dont le contenu en azote est adéquat.

Conditions Climatiques de la Culture du Sorgho

Le sorgho à grain tolère un large éventail de conditions climatiques et d'état du sol.

Précipitations : La plante de sorgho est non seulement plus résistante à la chaleur et à la sécheresse, mais elle tolère également des inondations périodiques sans trop de dégâts.

Les régions de culture du sorgho sont plus étendues là où les précipitations annuelles sont de 450-1.000 mm, bien que ces régions où les pluies sont plus importantes tendent à favoriser le développement de champignons s'attaquant aux grains de sorgho exposés. Les variétés de sorgho dont les épis sont plus ouverts sont moins susceptibles aux pourritures.

Plusieurs facteurs sont responsables de la tolérance relative du sorgho à grain à la sécheresse :

- Dans des conditions de sécheresse, les plantes sont à l'état végétatif et leurs feuilles se recroquevillent pour réduire la perte d'eau dûe à la transpiration (l'eau s'évapore au travers des pores des feuilles).

- Les feuilles sont recouvertes d'une substance protectrice qui permet de limiter davantage le phénomène de transpiration.

- Les plantes ont un besoin en eau très limité par unité de poids sec de production et leurs racines sont très développées.

Températures et sol : Bien que le sorgho tolère bien de fortes températures, il existe certaines variétés cultivées à haute altitude qui tolèrent également très bien des températures fraîches. Des gelées légères peuvent tuer la partie de la plante du sorgho se trouvant au-dessus du sol chez toutes les variétés, mais les plantes ont la capacité de germer (pousser des rejetons) à partir de la couronne.

Le sorgho a tendance à bien tolérer des sols très acides (dont le pH peut aller jusqu'à 5,0 ou légèrement plus bas) mieux que le maïs ; il est pourtant également plus résistant à la salinité (généralement caractérisant un sol dont le pH est supérieur à 8,0).

Réaction à la longueur du jour (photosensibilité).

La plupart des variétés traditionnelles de sorgho dans les pays en voie de développement sont très photosensibles. Chez ces variétés photosensibles, la floraison est stimulée par un certain minimum critique de longueur de jour et ne se produit que lorsque ce mimimum a été atteint, généralement vers la fin de la saison des pluies. Cette floraison retardée permet aux grains de se développer et de mûrir lorsque le temps est plus sec, tout en puisant dans les réserves d'humidité du sol. (Il s'agit là en fait d'une caractéristique de survivance qui permet aux épis porteurs de graines d'échapper à l'attaque des pourritures dans des conditions pluvieuses et humides). Le rendement de ces variétés locales photosensibles n'est généralement pas aussi élevé si elles sont cultivées ailleurs que dans leur milieu d'origine (particulièrement si elles sont cultivées plus au nord ou plus au sud), car la corrélation persiste entre la période de formation des épis et la saison des pluies ainsi que la longueur du jour de leur environnement d'origine. En dépit de cette adaptation apparente à leurs propres régions, les variétés traditionnelles photosensibles ont un potentiel de rendement relativement faible et doivent

parfois occuper un sol plus longtemps avant de produire un bon rendement (ceci étant dû à leurs diverses périodes de floraison). De plus, il existe toujours le danger que les pluies se terminent tôt, laissant une réserve d'humidité dans le sol insuffisante pour un bon développement du grain. On mène à l'heure actuelle des programmes d'expérimentation pour essayer d'améliorer ces variétés photosensibles, et un grand nombre de ces variétés améliorées font preuve d'une sensibilité peu importante à la longueur du jour.

Autres caractéristiques du sorgho

Pousse de rejetons (recépage) et tallage

La plante de sorgho est une plante vivace (elle peut vivre plus de deux ans). La plupart des sorghos de fourrage et un grand nombre de plantes céréalières peuvent donner plusieurs coupes de fourrage ou de grains par plantation si elles ne sont pas détruites par le gel ou par une longue période de sécheresse. De nouvelles tiges poussent à partir de la couronne (c'est ce qu'on appelle le recépage) après une récolte.

Cependant cette capacité de recépage n'a guère de valeur dans la plupart des régions où le sorgho est cultivé sans irrigation. Dans ces régions, la saison des pluies ou une saison sans gelée est trop souvent trop courte pour permettre plus d'une récolte de grains ou trop humide pour permettre une première récolte au milieu de la saison des pluies sans problèmes de pourritures de l'épi. Cependant, les sorghos de fourrage bénéficient du recépage, car ils sont moissonnés bien avant leur maturité, généralement au début du stage de formation de l'épi. Les éleveurs de bétail au Salavador font trois coupes de sorgho de fourrage pour l'ensiloter au cours de la saison humide qui dure six mois. Dans des zones tropicales irriguées, où la culture se fait tout au long de l'année, comme à Hawaï, il est possible de faire trois moissons de grains par an pour chaque plantation de sorgho, grâce à l'utilisation de variétés possédant une

bonne capacité de recépage.

DANGER Le Facteur de Toxicité
Acide Cyanhydrique

Les jeunes plantes de sorgho ou celles chez qui la sécheresse a limité la croissance à moins de 60 cm contiennent des quantités toxiques d'acide cyanhydrique (HCN ou acide prussique). Si le bétail, les moutons ou les chèvres s'en nourrissent, un empoisonnement fatal peut en résulter. Le fourrage frais, vert ou ensiloté ainsi que la paille fourrageuse (tiges et feuilles séchées) sont généralement propres à la consommation si les plantes ont une hauteur de 90-120 cm et si leur croissance n'a pas été interrompue. Le contenu en HCN des plantes de sorgho diminuent avec leur croissance et la graine mûre ne présente aucun problème. Une injection intraveineuse de 2-3 grammes de nitrite de sodium dans de l'eau, suivie de 4-6 grammes de thiosulfate de sodium constitue l'antidote à l'empoisonnement du bétail par HCN ; ces doses sont réduites de moitié pour les moutons.

Certaines variétés de sorgho à grains peuvent produire des rejetons latéralement. Chez ces variétés, la tige pousse en même temps que les nouveaux épis. (c'est ce qu'on appelle le tallage). Cela permet à ces variétés de compenser en partie une plantation trop espacée par la production d'épis suplémentaires.

Valeur nutritive et utilisations du sorgho

Presque tous les sorghos à grain utilisés dans les pays développés sont utilisés pour l'alimentation des animaux (principalement les volailles et les porcs). Cependant, dans les pays en voie de développement, il constitue une denrée céréalière principale et est bouilli ou cuit à la vapeur et consommé sous forme de bouillie, de porridge ou de pain. Dans de nombreuses régions, il est également utilisé dans la fabrication domestique de bière. De plus, les tiges et les feuilles sont souvent données aux animaux et sont utilisés

comme combustible et comme matériau de construction.

Comme les autres céréales, le sorgho à grains est relativement pauvre en protéine (8-13%) et constitue plutôt une source d'énergie importante. S'il est consommé avec des légumineuses en quantités adéquates (généralement 1 part de céréale pour 2 parts de légumineuse), son apport en protéine est adéquat aussi bien quantitativement que qualitativement. Seules les variétés possédant un endosperme jaune (l'endosperme est la partie principale féculeuse du grain entourant le germe) contiennent de la vitamine A.

Le sorgho étant très susceptible aux dégâts causés par les oiseaux au cours du développement et de la maturité du grain, des variétés résistantes aux oiseaux ont été mises au point. Leur forte teneur en tanin dans les graines, les tiges et les feuilles leur permet de repousser l'attaque des oiseaux sur les épis de façon relativement efficace. Cependant, ces variétés fortes en tanin sont plus déficientes en l'aminoacide essentiel qu'est la lysine que les variétés ordinaires, ce qui entraînent des conséquences pour la consommation humaine et celles d'autres monogastres comme les porcs et les poulets. Aux U.S.A., on pallie à cet inconvénient en ajoutant de la lysine synthétique à l'alimentation de volailles et de porcs lorsque celle-ci est à base de grains de sorgho de la variété résistante aux oiseaux. Dans les pays en voie de développement, une légère augmentation de légumineuses dans l'alimentation peut remédier à ce problème chez les hommes.

Phases de croissance du sorgho à grains

Selon leur variété et les températures de croissance, le sorgho à grain non-photosensible atteint sa maturité physiologique dans une période de 90-130 jours dans les limites de la zone tropicale située entre 0 et 1.000 m. Cependant, les variétés locales sensibles à la longueur du jour peuvent mettre jusqu'à 200 jours ou plus avant de parvenir à ce stade à cause du délai de floraison. A de

très hautes altitudes, toutes les variétés peuvent mettre 200 jours ou plus pour arriver à ce stage.

Comme pour le maïs, la principale différence entre la variété à 90 jours et la variété à 130 jours de sorgho réside en la longueur de la période végétative (la période séparant l'émergence du jeune plant et la floraison). La période de remplissage du grain (entre la pollinisation et la maturité) est à peu près la même pour les deux variétés (30 à 50 jours). Les sections suivantes présentent les stades de croissance et les facteurs de culture d'une variété typique à 95 jours. Ces principes sont les mêmes quelle que soit la variété cultivée.

PHASE I :
DE L'EMERGENCE A TROIS SEMAINES

Les jeunes plants de sorgho émergent dans les trois à six jours s'ils sont plantés dans un sol chaud et humide. Dans des conditions climatiques plus fraîches, où l'émergence est retardée, les graines sont particulièrement susceptibles à l'attaque de champignons du sol et d'insectes, et le traitement de la graine au fongicide/insecticide peut être particulièrement bénéfique (se reporter au Chapitre 6). Comparées à celle du maïs, les petites graines de sorgho sont pauvres en réserves nutritives et celles-ci sont rapidement épuisées avant qu'une surface suffisante de feuille soit développée pour bénéficier d'une photosynthése. Pour cette raison, les jeunes plants démarrent lentement au cours des trois premiéres semaines. Après cette période initiale, le taux de croissance s'accélère.

Ce démarrage peu rapide rend particulièrement important le bon contrôle des mauvaises herbes au cours de cette période.

Au cours des 30 premiers jours environ, la pointe de croissance, qui produit les feuilles et l'épi, se trouve au-dessous de la surface du sol. La plante est peu susceptible à la grêle ou au gel (léger), une nouvelle croissance pouvant être régénérée par la pointe de croissance. Cependant, une nouvelle croissance à ce stage ne sera pas aussi rapide que chez le maïs.

PHASE II :
DE TROIS SEMAINES A LA MI-FLORAISON
(60 jours après émergence)

Le taux de croissance et l'alimentation en éléments nutritifs et en eau s'accélèrent rapidement après les trois premières semaines. La feuille "terminale" (la dernière feuille sortie) est visible dans le verticille environ 40 jours après émergence. Le stade de la "botte" est atteint après environ 50 jours lorsque la tête de la fleur commence à sortir du verticille des feuilles mais reste encore enveloppée dans la gaine de la feuille terminale. La taille potentielle de l'épi en ce qui concerne le nombre de grains a déjà été déterminée à ce stage. Un manque sérieux d'humidité au stade de la botte peut empêcher la tête d'émerger complètement de la gaine de la feuille terminale. Cela rendra impossible une pollinisation complète au moment de la floraison.

Le stade de mi-floraison est atteint au bout de 60 jours environ lorsqu'approximativement la moitié des plantes d'un même champ en sont au stade de floraison au niveau de la tête des fleurs. Cependant, une plante de sorgho considérée dans son individualité fleurit à partir de la pointe de la tête vers le bas sur une période de quatre à neuf jours. La demi-floraison par plante se produit donc lorsque la floraison est faite sur la moitié de la tête. Bien que la période de temps permettant d'arriver au stage de demi-floraison varie selon l'espèce et le climat, elle couvre environ les deux tiers de la période séparant l'émergence du jeune plant de la maturité physiologique. Etant donnée la rapidité du taux de croissance et de l'alimentation en éléments nutritifs, environ 70, 60 et 80% des besoins en azote, en phosphore et en potassium (respectivement) ont été absorbés par la plante quand le stade de demi-floraison est atteint. Un manque sérieux d'humidité au moment de la pollinisation réduit grandement le rendement : il fera avorter l'ovule de la graine et rendra incomplète la pollinisation.

PHASE III :
DE LA MI-FLORAISON A LA MATURITE PHYSIOLOGIQUE
(60-95 jours)

Les graines atteignent le stade de pâte molle environ 10 jours après la pollinisation (70 jours après l'émergence) pour une variété à 95 jours, et environ la moitié du rendement final en poids sec est accumulé au cours de cette courte période. Le stade de pâte dure est atteint 15 jours plus tard (85 jours après l'émergence) lorsqu'environ les trois quarts du rendement final en poids sec de grains ont été atteints. Un manque important d'humidité au cours de cette période produira un grain léger et plus petit que la normale. La maturité physiologique est atteinte 10 jours plus tard (95 jours à partir de l'émergence en ce qui concerne cette variété en particulier). A ce stage, le grain contient encore 25-30 % d'humidité, ce qui est bien au-dessus de la limite de 13-14 % nécessaire à un bon entreposage une fois battu (après que les graines aient été séparées de l'épi). Les petits exploitants peuvent couper les épis à ce stage et les faire sécher au soleil avant de les battre ou laisser sécher les plantes naturellement dans le champ.

Les Millets

TYPES DE MILLET

Le millet fait partie d'une famille de graminées annuelles à petites graines cultivées pour le grain et le fourrage. Bien qu'il joue un rôle peu important dans les pays développés, il constitue la denrée céréalière principale dans certaines régions d'Afrique et d'Asie et est associé à des conditions de semi-aridité, de fortes températures et de sols sabloneux. Parmi les six types de millet les plus communs dont la liste figure ci-dessous, le millet perlé est le plus couramment cultivé et nous nous attarderons plus sur celui-ci dans ce manuel.

Millet Perlé

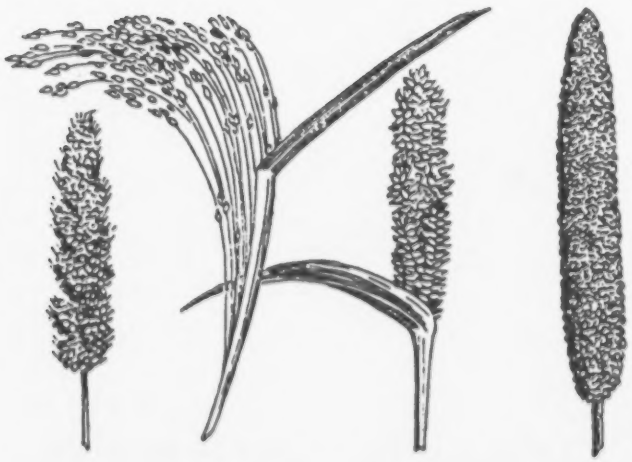
Autres noms : millet roseau, millet queue de chat et millet à

pointe, bajra, millet, mil.

Nom scientifique : Pennisetum typhoides, P. glaucum ou P. americanum.

Principales régions productrices : plaines semi-arides de l'Asie du sud (particulièrement en Inde) et la région du Sahel (au sud du Sahara) en Afrique,

Caractéristiques importantes : c'est l'espèce de millet la plus résistante à la sécheresse et à la chaleur ; elle est plus susceptible à l'attaque des oiseaux que le millet à digital.



1 2 3 4

1	2	3	4
Millet Queue de Renard	Millet Proso	Millet Japonais	Millet Perlé

Millet digital

Autres noms : millet patte d'oiseau, éleusine, ragi.

Nom scientifique : eleusine coracana

Principales régions productrices : le sud du Soudan, le nord de

l'Ouganda, le sud de l'Inde, les contreforts de Malaisie et du Sri Lanka.
Caractéristiques importantes : à la différence d'autres millets, cette variété a besoin de températures fraîches et de pluies plus importantes ; son apport en protéine est plus élevé que les autres variétés.

Millet Proso
Autres noms : Millet commun, millet français et millet à cochon, panicum, miliaceum.
Nom scientifique : Panicum miliaceum
Principales régions productrices : Asie centrale, U.R.S.S.
Caractéristiques importantes : utilisé principalement comme culture rapide d'urgence ou comme culture irriguée.

Millet Tigré
Nom scientifique : eragrostis abyssinica
Principales régions productrices : principalement les hauts plateaux d'Ethiopie et d'Afrique orientale jusqu'à une altitude de 2.700 m, où il constitue une denrée alimentaire principale.

Millet Japonais ou Millet de Basse-cour
Autres noms : millet shama ou sanwa
Nom scientifique : Echinochloa crusgalli, E. frumentacea.
Principales régions productrices : Inde, Asie orientale, certaines régions d'Afrique ; cultivé également à l'est des U.S.A. comme plante de fourrage.
Caractéristiques importantes : bonne adaptation à une variété de sols et de conditions d'humidité ; met plus longtemps à atteindre le stage de maturité (trois à quatre mois en tout) que les autres variétés.

Millet "Queue de Renard" (Millet de Hongrie)
Nom scientifique : Setaria italica
Principales régions productrices : Proche-Orient, Chine.
Caractéristiques importantes : très résistant à la sécheresse.

Rendements du millet

Le rendement moyen du millet en Afrique occidentale varie de 300 à 700 kg/hectare. Il a tendance à être faible étant données ses conditions de croissance marginales et le manque relatif d'informations concernant l'amélioration de ses pratiques de culture. Comparé au maïs, au sorgho et à l'arachide, les efforts de recherche en ce qui concerne la culture du millet n'ont pas permis d'atteindre plus de 1.000 à 1.500 kg/ha et les variétés améliorées ont produit jusqu'à 2.000 à 3.500 kg/ha.

Conditions climatiques de la culture du millet

Précipitations : le millet perlé est la céréale la plus cultivée dans la savanne du nord et la région du Sahel en Afrique. Il est plus résistant à la sécheresse que le sorgho et peut être cultivé très au nord jusqu'à la partie du Sahel où les précipitations sont de 200 à 250 mm et où les variétés mettant 55 à 65 jours pour atteindre leur maturité sont cultivées pour profiter de la saison des pluies qui y est courte. Bien que le millet perlé utilise l'eau de façon plus efficace et produise plus que d'autres céréales (y compris le sorgho) dans des conditions de températures élevées, de précipitations marginales, de fertilité du sol au-dessous du niveau optimal et avec une saison de pluies plus courte, il est inférieur au sorgho en ce qui concerne sa tolérance à l'inondation des sols.

Sol : le millet perlé supporte assez bien un sol salin et alcalin. (Pour en savoir davantage sur les problèmes de salinité et d'alcalinité, se reporter au Manuel du Peace Corps intitulé Sols, Cultures et Engrais, édition de 1980). Il est également moins susceptible que le sorgho aux insectes térébrants et aux mauvaises herbes, mais, comme le sorgho, il est susceptible à l'attaque des oiseaux, qui viennent se nourrir sur la récolte lorsqu'elle parvient à maturité.

Valeur nutritive et utilisations du millet

Les millets perlé, queue de renard et proso

contiennent tous environ 12 à 14 % de protéine, ce qui est quelque peu supérieur à l'apport en protéine de la plupart des autres céréales. La méthode la plus commune de préparation alimentaire du millet perlé en Afrique occidentale est le "kus-kus" ou "to", une pâte épaisse produite en mélangeant de la farine de millet et de l'eau bouillante. Le millet est également utilisé pour faire de la bière. Les tiges et les feuilles constituent une importante source de fourrage pour les animaux et servent également comme combustible et comme matériau de construction.

Méthodes traditionnelles de culture du millet perlé en Afrique Occidentale.

Les variétés traditionnelles de millet perlé cultivées en Afrique occidentale ont généralement 2,5 à 4 m de hauteur ; leurs tiges sont épaisses et leur index de récolte est faible. Elles sont généralement plantées en groupes séparés d'une distance d'un mètre environ, très souvent combinées avec une à trois autres cultures de référence, généralement du sorgho, des doliques et des arachides. Un grand nombre de graines sont plantées par groupe ; un repiquage laborieux des jeunes plants se fait deux ou trois semaines plus tard. Les graines de millet sont minuscules et pauvres en réserves nutritives ; celles-ci sont épuisées avant que les jeunes plants soient à même de produire une surface de feuille suffisamment importante pour bénéficier d'une photosynthèse efficace et suffisamment de racines pour se nourrir adéquatement. Par conséquent, comme pour le sorgho, le taux de croissance est très lent au cours des premières semaines.

On cultive traditionnellement deux types de millet perlé en Afrique occidentale :

- Le type "Gero" dont les variétés ont entre 1,5 et 3 mètres de hauteur ; elles sont précoces dans leur maturité (75 à 100 jours) et neutres ou très peu photosensibles en ce qui concerne leur réaction à la longueur du jour. Dans certaines parties de la savanne, les Geros, dont la saison est courte, mûrissent au plus fort de la saison des pluies, mais ils possèdent une bonne résistance aux pourritures fongueuses s'attaquant aux épis et aux insectes que les pluies encouragent. Les Geros représentent environ 80% du millet produit dans cette

région. On les préfèrent au type "Maiwa" car leur rendement est plus élevé et leur période d'arrivée à maturité est plus courte. Ils mûrissent en juillet-août dans la savanne guinéenne et en août-septembre dans la savanne soudanaise.

• Le type "Maiwa" est une variété plus haute (3 à 5 m), plus tardive en ce qui concerne sa maturité (120 à 280 jours) et beaucoup plus photosensible en ce qui concerne sa réaction à la longueur du jour que le type Gero. Comme chez les variétés photosensibles du sorgho, les Maiwas ne fleurissent pas avant la fin des pluies, ce qui leur permet d'échapper aux dégâts causés par les pourritures et les insectes. Cependant, leur rendement est inférieur à celui des Geros et ils ne représentent qu'environ 20% du millet cultivé dans cette région.

Dans les zones de la savanne où les précipitations annuelles sont plus importantes (500 à 600 mm) et où le millet ainsi que le sorgho peuvent être cultivés, les exploitants préfèrent généralement planter des variétés photosensibles de sorgho. Leur période de croissance est approximativement la même, mais leur rendement est supérieur à celui des Maiwas, car elles bénéficient d'une période plus longue de remplissage des grains. Cependant, on préfère les Maiwas au sorgho lorsqu'il s'agit de terrains plus sabloneux moins aptes à emmaganiser l'eau. Certains exploitants préfèrent également les Maiwas au sorgho car ils mûrissent quelque peu plus tôt, permettant ainsi de répartir le besoin en main-d'oeuvre au moment de la récolte, ces cultures venant tard dans la saison. (Les Maiwas sont moissonnés à peu près un mois après le commencement de la saison sèche).

Un grand nombre de variétés traditionnelles de millet produisent des talles (pousses latérales produites à partir de la couronne de la plante). Cependant, ce tallage n'est pas synchrone, ce qui veut dire que le développement des talles est en retard par rapport à celui de la tige principale. Par conséquent, ces pousses secondaires mûrissent plus tard que la tige principale. Si l'humidité du sol reste adéquate, deux ou trois récoltes plus petites peuvent être faites.

En dehors de la production normale de millet sans irrigation, il est également planté dans des plaines d'inondation ou le long des rivières quand le niveau d'eau commence à descendre. On appelle ce système

agriculture de récession et elle s'applique également parfois au sorgho.

Cacahuètes
(Arachis hypogea)

DISTRIBUTION ET IMPORTANCE

Les arachides constituent une importante culture ainsi qu'une récolte vivrière principale dans une grande partie des pays en voie de développement, particulièrement en Afrique occidentale et dans les régions plus sèches de l'Inde et de l'Amérique latine. Les pays en voie de développement sont responsables de près de 80% de la production mondiale totale, et les deux-tiers de celle-ci sont concentrés dans les régions semi-arides des tropiques. A cause de ses fréquentes sécheresses, des problèmes de maladies et d'autres facteurs, la part de l'Afrique dans le marché des exportations mondiales d'arachides est passé de 88% en 1968 à 43% en 1977, tandis que sa part de la production totale baissait de 36 à 26% au cours de la même période.

Types de cacahuètes

Il existe deux groupes principaux de cacahuètes :

- Le groupe de Virginie : Ces plantes sont soit du type rampant avec des stolons soit du type à botte (buisson). Leurs branches émergent alternativement le long de la tige plutôt qu'en paires opposées. Les variétes de Virginie mettent plus longtemps à parvenir à maturité (120 à 140 jours aux tropiques) que les types d'Espagne-Valence et sont relativement résistantes à la tavelure des feuilles du genre Cercospora, une maladie fongueuse qui peut causer d'importantes pertes dans des conditions climatiques humides si elle n'est pas contrôlée à l'aide de fongicides (voir Chapitre 7). Les graines restent à l'état végétatif (elles ne germent pas) pendant une période de temps pouvant aller jusqu'à 200 jours après le développement, ce qui permet d'éviter une germination prématurée si elles restent trop longtemps dans le sol avant la récolte.

- Le groupe d'Espagne-Valence : Ces plantes sont du type sur pied (buisson) et non-rampant (sans stolons). Leurs branches émergent de façon séquentielle (en paires opposées), et leurs feuilles sont d'un vert plus clair. Leur période de croissance est plus courte (90-110 jours dans des conditions climatiques chaudes), sont très

susceptibles à la tavelure des feuilles du genre Cercospora et leurs graines ont une période végétative brève ou non-existante. Une germination précédant la récolte peut parfois être un problème dans des conditions climatiques très humides ou si la récolte est retardée. Leur rendement est généralement plus élevé que celui de la variété de Virginie si la tavelure des feuilles est contrôlée.

Les cultivateurs d'arachides ont fait des croisements intéressants entre ces deux groupes.

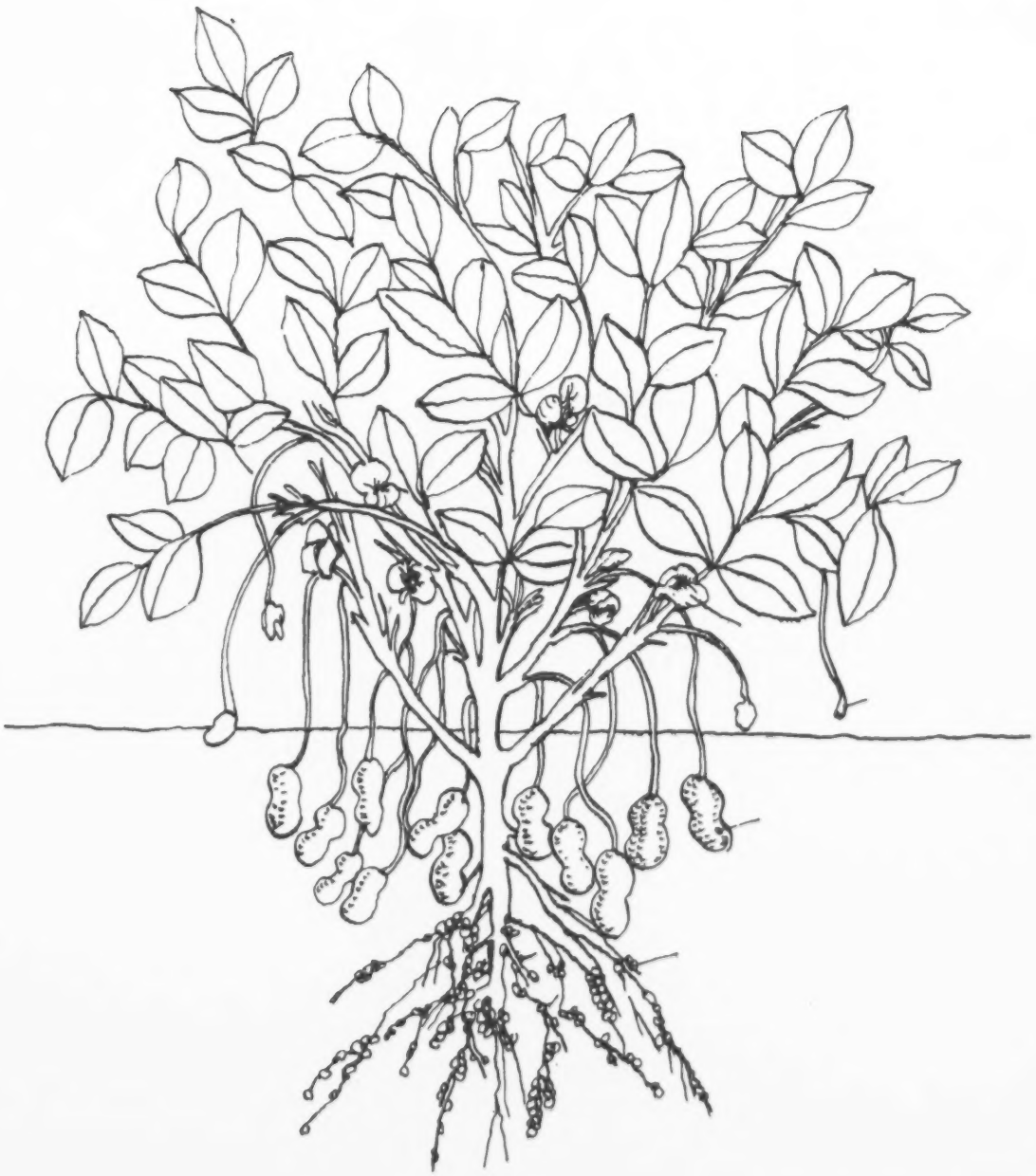
Rendements des arachides

Le rendement moyen des cacahuètes dans les pays en voie de développement varie entre 500 et 900 kg/hectare de production de cacahuètes non écalées, comparé à une moyenne aux U.S.A. de 2.700 kg/ha, basée sur les données FAO de 1977. Les exploitants participant à des concours de production sont parvenus à produire plus de 6.000 kg/ha sous irrigation, et des productions de 4.000 à 5.000 kg/ha sont communes sur les terres des stations d'expérimentation partout dans le monde. Il est possible pour de petits exploitants d'atteindre une production de l'ordre de 1.700 à 3.000 kg/ha, selon les conditions de pluviosité, avec l'utilisation d'une combinaison adéquate de méthodes améliorées.

Adaptation des arachides aux conditions du sol et du climat.

Précipitations : Les cacahuètes sont résistantes à la sécheresse et à la chaleur. Elles mûrissent en 90 à 120 jours dans un climat chaud, ce qui les rend particulièrement adaptées à la courte saison des pluies de la zone de savanne au nord de l'Afrique occidentale. Elles peuvent être cultivées dans des climats plus humides si les maladies qui les attaquent (particulièrement la tavelure des feuilles) peuvent être contrôlées et si elles sont plantées de façon à ce que la récolte ne coïncide pas avec la saison humide.

Température : Au cours de la période végétative (développement des feuilles), la température affecte peu le taux de production. Cependant, le taux de floraison et



Chaque queue comporte un ovaire à son extrémité et pénètre dans le sol d'environ 3 à 7 cm avant de se développer en cacahuète.

la viabilité du pollen sont grandement influencées par les températures au cours de la floraison (environ 35 à 50 jours après l'émergence). La production des cosses est affectée de façon adverse par des températures au-dessous de 24°C ou au-dessus de 33°C. A 38°C, par exemple, la floraison est abondante, mais un petit nombre de cosses est produit.

Sols : Les cacahuètes ne tolérent pas l'accumulation d'eau. Un bon système d'écoulement des eaux est donc particulièrement important. Les sols formant une croûte en surface ne conviennent pas à leur culture, celle-ci empêchant la pénétration des queues dans le sol.

Des sols argileux peuvent donner de bons résultats si l'écoulement des eaux se fait de façon adéquate, mais les pertes au moment de la récolte (arrachage) dûes au détachement des cacahuètes peuvent être importantes si les plantes sont arrachées quand des sols de cette nature sont durs et secs. D'un autre côté, une récolte faite sur un sol humide et argileux peut tâcher les cosses et les rendre inutilisables au grillage.

Les cacahuètes poussent bien dans des sols acides pour lesquels le pH peut descendre jusqu'à 4,8, mais elles ont un besoin en calcium extrèmement élevé. On suffit généralement à ce besoin par l'application de chaux sulfatée (sulfate de calcium). Les besoins en engrais en ce qui concerne la culture de cacahuètes sont traités au Chapitre 5.

Valeur nutritive et utilisations des cacahuètes

Les cacahuètes écossées et parvenues à maturité contiennent environ 28 à 32% de protéine et leur teneur oléagineuse varie de 38 à 47% pour les espèces de Virginie et de 47 à 50% pour les espèces d'Espagne. Elles constituent également une bonne source de vitamines B et de vitamine E. Bien qu'elles soient plus pauvres en l'aminoacide essentiel qu'est la lysine (un facteur déterminant la qualité protéique) que les autres

légumineuses, les cacahuètes constituent une bonne source de protéine.

Dans les pays en voie de développement, les cacahuètes sont consommées crues, grillées ou bouillies. Elles sont également utilisées dans la cuisson de râgouts et de sauces. L'huile est utilisée en cuisine et les cosses sont utilisées comme combustible, comme produit de paillage et pour améliorer une terre de jardin argileuse.

Commercialement, les cacahuètes entières sont grillées et sont utilisées dans la fabrication de beurre de cacahuètes. Une alternative consiste à en extraire l'huile par refoulement (presse) ou par dissolution et la pâte de cacahuètes restante (et contenant environ 45% de protéine) est utilisée dans l'alimentation des porcs et des animaux de basse-cour. L'huile d'arachide occupe la deuxième place dans le monde au point de vue de la demande (après l'huile de soja) et peut également être utilisée dans la fabrication de margarine, de savon et de lubrifiants. Les cosses entrent également dans la fabrication de certains matériaux de construction.

Caractéristiques de la plante de cacahuète

Les cacahuètes sont des légumineuses et peuvent satisfaire la totalité ou presque de leurs besoins en azote grâce à une relation de symbiose qu'elles entretiennent avec un type de bactérie (Rhizobium). Une des caractéristiques de la plante de cacahuète est que les cacahuètes elles-mêmes se développent et mûrissent sous terre.

Phases de croissance des cacahuètes

Selon la variété, les cacahuètes mettent de 90 à 110 jours ou de 120 à 140 jours pour parvenir à maturité. La plante fleurit environ 30 à 45 jours après son émergence et continue à fleurir pendant 30 à 40 jours. Les cacahuètes mûrissent alors environ 60 jours après la floraison.

PHASE I - EMERGENCE

Dans les deux jours qui suivent leur plantation dans un sol chaud et humide, la radicelle (racine initiale) émerge et peut atteindre 10 à 15 cm de longueur dans les quatre à cinq jours suivants. Environ quatre à sept jours après la

plantation, deux cotylédons émergent de la surface du sol et y restent tandis que la tige, les branches et les feuilles commencent à se former au-dessus d'eux. Les plantes poussent lentement au cours des premiers stages et sont facilement envahies par les mauvaises herbes.

PHASE II - DE LA FLORAISON A LA POLLINISATION

La floraison commence à un rythme très lent environ 30-45 jours après l'émergence de la plante et elle se termine dans les 30-40 jours suivants. Les fleurs sont auto-pollinisées, mais la présence d'abeilles et de pluie améliore la fertilisation (et par conséquent la production des graines) en déclenchant le processus chez les fleurs et en activant la décharge du pollen. Les fleurs se fanent dans les cinq à six heures suivant leur éclosion. Une plante peut produire jusqu'à 1000 fleurs, mais seule environ une sur cinq ou sept produira un fruit mûr.

PHASE III - DE L'EMERGENCE DE LA QUEUE A LA MATURITE

Les queues (ces structures ressemblant à une tige et contenant chacune à son extrémité un futur fruit) commencent à s'allonger à partir de la fleur fânée environ trois semaines après la pollinisation et commencent à pénétrer dans le sol. Une fois que la queue est à une profondeur de 2-7 cm dans le sol, les fruits commencent à se développer rapidement dans les 10 jours qui suivent et ils atteignent leur maturité environ 60 jours après la floraison. Les queues qui s'allongent de 15 cm ou plus au-dessus du niveau du sol atteignent rarement la terre et avortent.

Il est important de noter que les fruits ne mûrissent pas tous en même temps, la floraison se faisant sur une longue période de temps. Un fruit individuel est mûr lorsque l'enveloppe recouvrant les graines n'est plus ratatinée et que les veines à l'intérieur de la cosse passent à une couleur brune foncée. La récolte ne peut être retardée pour attendre que tous les fruits soient mûrs, à moins de s'exposer à de grosses pertes résultant

du détachement de la cosse et de la queue et d'une germination prématurée (ceci s'applique uniquement aux espèces d'Espagne-Valence). Le choix de la date de récolte est un facteur important pour l'obtention d'une bonne production.

Méthodes traditionnelles de culture des cacahuètes

Les petits exploitants dans certains pays en voie de développement, particulièrement en Afrique occidentale, plantent souvent les cacahuètes avec une ou deux autres cultures, telles que le sorgho, le millet, les pois sauvages, le coton et les légumes. Qu'elles soient plantées en récoltes dérobées ou seules, les cacahuètes sont généralement plantées en buttes (surélevées) séparées d'un mètre environ ; cette technique permet d'améliorer l'écoulement des eaux et facilite l'arrachage. Dans les régions de savanne au nord de l'Afrique occidentale, elles sont généralement plantées en juin et récoltées en septembre ou octobre. Dans les régions de savanne du sud, où les précipitations sont plus élevées, il est souvent possible d'obtenir deux récoltes (la première se faisant d'avril ou mai jusqu'au mois d'août, et la deuxième d'août ou septembre jusqu'au mois de novembre). La plupart des variétés locales, particulièrement dans les régions plus humides, sont du type de Virginie, celui-ci possédant une meilleure résistance à la tavelure des feuilles.

Haricots ordinaires et doliques

Importance et distribution

Avec les cacahuètes, ce groupe constitue la plus grande partie des légumineuses commestibles cultivées dans les pays en voie de développement des régions tropicales et subtropicales. Mis à part leur importance en tant que source de protéine, ces cultures jouent un rôle important dans les systèmes d'exploitation fermière de ces régions :

- Ils s'adaptent particulièrement bien aux climats où s'alternent une saison sèche et une saison humide.
- Puisqu'ils sont des légumineuses, ils se suffisent à eux-mêmes en partie ou entièrement en ce qui concerne leurs besoins en azote.

• Ils constituent le partenaire naturel des céréales dans des conditions de cultures dérobées et de rotation des cultures (voir le Chapitre 4)

Selon les estimations de la FAO pour la période 1975-77, la production mondiale en haricots secs était d'environ 12.4 millions de tonnes annuelles. L'Amérique latine est responsable d'un tiers de la production mondiale et produit principalement des haricots ordinaires, qui est également l'espèce la plus cultivée en Afrique orientale. Les doliques constituent la principale légumineuse à grains (à l'exclusion des cacahuètes) cultivée dans les zones de savanne de l'Afrique occidentale.

Cette section traite des haricots ordinaires et des doliques (haricots secs). En annexe se trouve des descriptions similaires d'autres légumineuses telles que les pois pigeon, les pois chiches, les haricots de Lima, les haricots mung, les haricots de soja et les haricots ailés.

Les Haricots ordinaires
(Phaseolus vulgaris)

Autres noms : haricots des champs, frijoles, haricots, haricots verts (dans leur stade immature), mange-tout (dans leur stade immature).

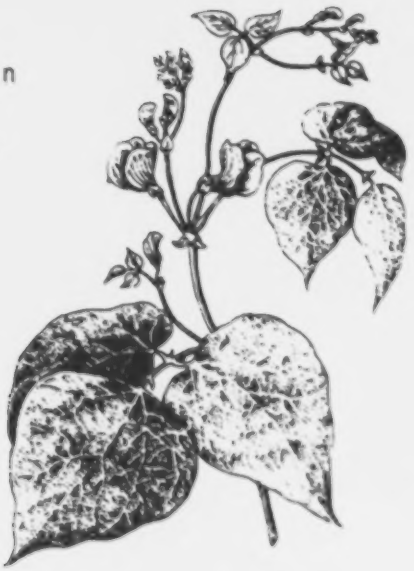
Types

Les variétés de haricots peuvent être classifiées selon trois caractéristiques de base - la couleur de la graine, les habitudes de croissance et la durée de la période de croissance :

1. Couleur de la graine : chez la plupart des haricots, les graines sont noires ou rouges, et il existe généralement des préférences locales très spécifiques en ce qui concerne la couleur.

2. Habitus de croissance : les types peuvent varier de l'espèce buissonnante, semi-grimpante ou grimpante. Cette dernière possède une vigoureuse abilité à grimper et requiert la pose d'échalats ou la plantation voisine d'autre culture de soutien comme le maïs. Les variétés buissonnantes

Les fleurs se transforment en cosses après pollinisation.



Partie d'une plante de haricots comportant des fleurs.

Une cosse de haricot

fleurissent sur une courte période de temps et ne produisent plus de tige ou de feuilles après la période de floraison ; ces espèces sont appelées des espèces déterminées. Les espèces grimpantes fleurissent sur une plus longue période de temps et continuent la production de tige et de feuilles ; on les appelle espèces indéterminées. Les variétés semi-grimpantes peuvent appartenir à l'une ou l'autre catégorie.

Etant donné que leur période de floraison est plus longue, la maturité de la cosse chez la plupart des indéterminées est inégale et la cueillette se fait sur plusieurs semaines.

3. Période de croissance : Dans un climat chaud, les variétés précoces peuvent produire des cosses mûres dans les 70 jours environ suivant l'émergence de la plante, tandis que les variétés moyennes et tardives mettent 90 jours ou plus. La première floraison se fait entre 30 et 55 jours. Avec certaines exceptions, le type buissonnant atteint sa maturité plus tôt que les espèces grimpantes indéterminées. Les cultivateurs sont à l'heure actuelle en train de mettre au point des variétés indéterminées avec des périodes de croissance plus courtes et une maturité plus compacte.

Conditions climatiques de la culture des haricots

Précipitations : La culture des haricots ordinaires n'est pas très bien adaptée à des régions de fortes précipitations (telles que les zones humides que constituent les forêts pluviales d'Afrique tropicale) à cause de l'importance des problèmes de maladies et d'attaque des insectes. Dans des conditions idéales, la plantation devrait se faire de façon à ce que les derniers stages de croissance et la cueillette aient lieu au cours d'une période relativement sèche.

Température : Comparés au sorgho et au millet, les haricots ne tolèrent pas bien la chaleur ou l'humidité extrêmes. Très peu de variétés sont adaptées à des températures moyennes quotidiennes au-dessus de 28°C ou au-dessous de 14°C (moyenne des températures maximales et minimales quotidiennes). Les températures optimales pour la floraison et la formation des cosses correspondent à une température diurne maximale de 29,5°C et une température nocturne minimale de 21°C. La perte de fleurs devient un important problème au-dessus de 36°C et est également aggravée par de grosses averses.

Sol : Les plantes sont très susceptibles aux maladies fongueuses (pourritures) des racines, et un bon écoulement des eaux de pluie est très important. Les haricots ne poussent pas très bien dans des sols dont le taux de pH est au-dessus de 5,6, car ils sont très sensibles à la présence de hauts niveaux d'aluminium et de manganèse soluble qui est souvent associée à un pH élevé.

Durée du jour : A la différence de certains sorghos et millets, la plupart des variétés de haricots réagissent très peu aux fluctuations de longueur de jour.

Valeur nutritive et utilisations des haricots

Les haricots ordinaires, secs, contiennent environ 22% de protéine. Leur apport en protéine est adéquat tant par la qualité que par la qualité en ce qui concerne les besoins nutritifs des enfants plus âgés et des adultes

s'ils sont consommés en même temps que des céréales dans des proportions adéquates (2 parts de céréales pour 1 part de légumineuses). Sous forme de haricot vert, leur apport en protéine est faible, mais ils constituent une bonne source de vitamine A. Les feuilles peuvent être consommées comme des épinards et sont également utilisées dans l'alimentation comme fourrage dans l'alimentation des animaux.

Doliques (Vigna sinensis, V.unguiculata, V.sesquipedalia)

Autres noms : dolics, pois du sud, pois de remplissage.

Types

Les doliques ont à peu près les mêmes fluctuations en ce qui concerne la couleur de la graine, l'habitus de croissance et la période de croissance que les haricots ordinaires (voir la page précédente), si ce n'est que les graines des doliques sont généralement marronnes ou blanches. Il existe trois espèces différentes :

- Vigna Sinensis : c'est l'espèce la plus courante en Afrique et dans la plus grande partie de l'Amérique latine. Les variétés à gros grain blanc sont préférées dans la plupart des régions d'Afrique occidentale.

- Vigna unguiculata : ou pois cajun ; c'est une espèce primitive que l'on trouve principalement en Asie mais également en Afrique.

- Vigna sesquipedalia : le dolique asperge produit de longs haricots (60 à 70 cm) en forme d'asperge et sa culture est très répandue principalement en Asie où ils sont consommés sous forme de gousses immatures.

La plupart des variétés traditionnelles ont plutôt une maturité tardive (elle peut aller jusqu'à cinq mois). Elles mettent également longtemps avant de commencer à grimper. Les types améliorés de la variété buissonnante (qui grimpent très peu ou pas du tout) sont disponibles et peuvent produire de bons rendements en 80 à 90 jours.

Méthodes de culture et rendements des doliques

Les méthodes traditionnelles de culture et les conditions de production des pois sont similaires à celles des haricots.

La production moyenne dans les pays en voie de développement varie de 400 à 700 kg/ha (en grains secs), comparée à une moyenne d'environ 2.200 kg/ha sous irrigation en Californie (U.S.A.). Des cultures expérimentales de plein champ en Afrique et en Amérique latine atteignent une production de l'ordre 1.500 à 2.000 kg/ha, certaines dépassant même 3.000 kg/ha.

CONDITIONS CLIMATIQUES DE LA CULTURE DES DOLIQUES

Précipitations : Les doliques constituent, à l'exception des cacahuètes, le principal légume à grains cultivé dans la zone de savanne d'Afrique occidentale (...) Cependant, ils sont également cultivés dans de nombreuses autres régions. Ils sont plus résistants à des conditions de chaleur et de sécheresse que les haricots ordinaires, mais le pois sec ne se conserve pas aussi bien et est très susceptible à l'attaque des charançons. (voir le Chapitre 7).

Température :

Des températures diurnes élevées affectent peu la croissance végétative mais réduisent le rendement si elles surviennent après la floraison. De fortes températures à ce stage peut entraîner une sénescence (vieillissement et perte) plus rapide des feuilles, ce qui abrège la période de remplissage des cosses. De fortes températures résulteront également en une augmentation des pertes de fleurs. Comme pour les haricots ordinaires et la plupart des cultures, un temps pluvieux prédispose les problèmes de maladies et d'attaques d'insectes. Un temps sec est nécessaire au cours des derniers stages de la croissance et de la cueillette pour minimiser les chances de moisissement des cosses et autres maladies.

Sol : Les pois poussent bien sur une grande variété de sols (si l'écoulement des eaux se fait de façon adéquate) et ils tolérent mieux une acidité du sol que les haricots ordinaires.

Valeur nutritive et utilisations des doliques

Les pois secs ont un apport en protéine d'environ 22

à 24%. Les cosses et les graines vertes sont également consommées. Leur apport en protéine est considérablement moins élevé que celui des graines mûres, mais elles constituent, ainsi que les jeunes pousses et les feuilles, une excellente source de vitamine A lorsqu'elles sont consommées à l'état vert. Les plantes constituent une bonne source de fourrage pour les animaux et sont quelquefois plantées comme cultures sidérales ou comme cultures de couverture. (voir le Chapitre 5).

AUGMENTATION DE LA PRODUCTION POUR LES CULTURES DE REFERENCE

Il existe principalement quatre solutions pour augmenter la production des cultures de référence :

- Amélioration des terres de cultures existantes.
- Extension de la culture à des secteurs nouveaux et non-cultivés.
- Amélioration de l'infrastructure.
- Etablissement de programmes visant à l'amélioration de la culture.

Toute augmentation significative de production requiert l'application à des degrés variés de ces quatre méthodes.

Amélioration des terres de cultures existantes

Il ne fait aucun doute que l'amélioration de l'écoulement des eaux de pluie (par nivellement, creusement de canaux d'écoulement ou pose sous-terraine de tuiles de drainage) ainsi qu'un contrôle de l'érosion constituent d'excellents investissements. Le contrôle de l'érosion non seulement réduit la perte de sol et la détérioration du rendement, mais il permet également, dans de nombreux cas, d'améliorer la production en augmentant la quantité d'eau de pluie que le sol gardera en réserve.

Dans le cas de projets d'irrigation, cependant, les résultats sont souvent mixtes. Un grand nombre de projets d'irrigation ne se penchent pas assez sur le problème potentiel d'endommagement de l'environnement ou sur les problèmes techniques et le type de sol auquel ils s'appliquent.

Lorsqu'ils sont proposés, des projets de construction de digues à grande échelle ou de lacs artificiels sont bien accueillis, mais ils ont souvent entraîné des problèmes de drainage et d'accumulation de sel, ainsi que de canaux bouchés par des herbes et de graves problèmes de maladies telles que la malaria et la schistosomiase (bilharziose).

Des projets de pompage utilisant des puits rencontrent de problèmes similaires et peuvent sérieusement faire baisser le niveau hydrostatique au point de menacer les réserves. Le traitement du problème de l'eau par lui-même n'est pas suffisant pour assurer des rendements profitables qui doivent être élevés pour pouvoir couvrir le coût supplémentaire de l'irrigation. De tels projets doivent être soigneusement étudiés et combinés à des programmes d'amélioration des cultures pour ne pas mener à des résultats décevants.

Extension de la Culture à de Nouveaux Terrains

La FAO estime que la production mondiale totale en denrées alimentaires a augmenté d'environ 50% de 1963 à 1976, tandis que la surface des terres cultivées n'a augmenté que de 2%. Les estimations relatives à la surface de terres cultivables supplémentaires diffèrent grandement mais suggèrent que le monde, considéré dans sa totalité, n'utilise environ que 30 à 50% des terres arables potentielles et existantes (terres convenant à la culture ou à l'élevage). Les surfaces les plus importantes de "nouvelles" terres se situent dans les basses-terres tropicales d'Amérique latine, en Afrique et en Asie du sud-est. Il existe cependant certains inconvénients :

- Seul un petit pourcentage de ces terres peuvent résister à une agriculture intensive à cause de facteurs climatiques ou relatifs aux conditions du sol ; une proportion alarmante de terrain a été revendiquée par des spéculateurs fonciers ou se trouve divisée en fermes d'élevage par des investisseurs, comme c'est le cas au Brésil.

- Que ce soit dans des régions à fortes précipitations ou dans des régions arides, une grande partie de ces terres est susceptible à une érosion accélérée ou à une salinisation résultant d'une irrigation (accumulation de sels à la surface du sol).

- Comme nous l'avons vu, la plupart des cultures de référence ne s'adaptent pas bien à de fortes précipitations ou à des conditions d'humidité. L'utilisation de ces terres comme pâturage ou pour la culture de plantes vivaces peut constituer la meilleure solution étant données ces contraintes.

Amélioration de l'Infrastructure

En agriculture, l'infrastructure fait référence aux aménagements, installations, contributions et services encourageant la production. Les plus importants sont les suivants :

- Voirie et transports.
- Marchés et normes de distribution.
- Installations d'entreposage.
- Améliorations apportées aux terres telles que drainage, contrôle de l'érosion et irrigation.
- Technologie permettant d'augmenter le rendement.
- Un service d'extension viable.
- Disponibilité de machines et d'équipement agricoles.
- Stabilité politique.
- Crédit.
- Un système équitable de jouissance et de distribution des terres.
- Planification nationale pour le développement agricole.

• Des prix sur les récoltes encourageant une augmentation de la production.

Les petits exploitants dans la plupart des régions des pays en voie de développement ne bénéficient pas de la même facilité d'accès à ces facteurs essentiels de production que les plus gros exploitants. Des travaux publics de nature agricole, tels que l'irrigation, le contrôle des inondations et la construction de routes entre l'exploitation agrícole et le marché, sont généralement entrepris selon des schémas de pure praticabilité économique ou en réponse à des groupes d'intérêts spéciaux. Dans un certain nombre de pays en voie de développement, les plus gros exploitants, particulièrement en Amérique latine, sont souvent organisés en associations de producteurs et disposent de pouvoirs de représentation très efficaces.

Les inégalités en ce qui concerne la jouissance et la distribution des terres peuvent avoir de très grosses conséquences sociales et économiques et peuvent décourager la motivation de ceux qu'elles affectent. Au Salvador, 19% des exploitations agricoles occupent environ 48% des terres et appartiennent à de riches "latifundistas" (exploitants de grosses propriétés de type "ranch") qui cultivent le coton, le café et la canne à sucre, souvent en absentéistes. Ces exploitations sont concentrées sur les meilleures terres du pays, tandis que les "campesinos" (petits exploitants) sont confinés aux côteaux rocailleux et érodés où ils cultivent le maïs, le sorgho et les haricots. Environ 47% des exploitations du pays ont une surface inférieure à 2,47 acres (un hectare) et occupent seulement 4% de la totalité des terres. La majorité des unités d'exploitation au Salvador, Guatemala et Pérou sont considérées comme étant plus petites qu'une exploitation familiale.

Si la mise en application de la plupart des autres facteurs infrastructurels essentiels est rendue difficile principalement à cause de l'insuffisance de capitaux, la

réforme foncière, quant à elle, rencontre de gros obstacles politiques et, dans certains cas, n'est pas faisable en ce qui concerne les réserves en terres disponibles. De plus, lorsque de petits exploitants achètent de la terre dans des régions très peuplées comme les hauts-plateaux guatémaltèques, la région du Cibao dans la République Dominicaine et la région des lacs en Bolivie, la concurrence fait trop monter le prix de la terre pour permettre une exploitation agricole économique.

Programmes d'amélioration des cultures

Plus que tout autre facteur isolé, la mise au point d'une technologie d'amélioration du rendement en association avec les programmes d'amélioration des cultures des instituts de recherche nationaux et internationaux jouera le rôle principal dans l'augmentation des rendements des cultures de référence dans les pays en voie de développement.

PROGRAMMES D'AMELIORATION DES CULTURES DE REFERENCE

Le terme "amélioration des cultures" est large et fait référence à tout effort d'amélioration du rendement, de la qualité, de la sapidité ou de toutes autres caractéristiques des cultures portant sur l'amélioration des espèces ou la mise au point de méthodes améliorées quant à la culture, la récolte et l'entreposage. Les efforts les plus fructueux sont bien organisés, pluri-disciplinaires (faisant appel à plusieurs champs de connaissances tels que l'entomologie et la fertilité du sol), spécifiques à une culture et ont pour but de mettre au point un ensemble de méthodes améliorées concentrées sur des variétés adaptées et à haut rendement.

Un grand nombre de facteurs déterminants en ce qui concerne le rendement et les caractéristiques d'une culture peuvent être, au moins partiellement, manipulés ou contrôlés par l'amélioration des espèces et des méthodes de production,

comme il figure au tableau situé à la page suivante.

Méthodes d'exploitation affectant les rendements et/ou la qualité des cultures

- Méthode de préparation du sol (type de labour et couche de semis)
- Utilisation d'engrais (type, quantité, quand et où l'utiliser)
- Sélection de la variété.
- Densité et espacement des plants.
- Gestion de l'eau (méthodes de drainage du sol, du contrôle de l'érosion et de la conservation de l'humidité).
- Contrôle des mauvaises herbes, des insectes, des maladies, des nématodes et des oiseaux par l'utilisation de méthodes chimiques et non-chimiques.
- Ajustement du pH du sol.
- Contrôle de la compaction du sol dûe à l'équipement ou aux animaux.
- Système de récolte (mono-culture Vs. récoltes dérobées ; rotation des récoltes)
- Méthodes de récolte, séchage et entreposage.

Facteurs aléatoires :

A la différence des facteurs de production dont la liste est ci-dessus, il existe un certain nombre d'autres facteurs très indépendants du contrôle de l'exploitant et du personnel travaillant à l'amélioration des cultures. Ceux-ci comprennent des éléments variables tels que le temps et certaines caractéristiques du sol (par exemple, sa texture, sa profondeur et sa couche arable).

RESULTATS ACQUIS PAR AMELIORATION DES ESPECES ET DE LA PRODUCTION AGRICOLE

Résultats obtenus : A. Les cultures en général

Bons	Satisfaisants/ Bons	Satisfaisants	Mauvais/ Satisfaisants	Mauvais/ Bons	Mauvais
Index de récolte (% de tige et feuilles/ grain)	Vigueur générale de la plante et capacité de rendement		Résistance aux insectes	Résistance aux maladies	
Architecture de la plante (hauteur, taille et poids des feuilles)	Durée de la période de croissance		Résistance aux nématodes	Résistance à la sécheresse	
	Réaction à l'engrais		Résistance à la chaleur et au froid	Valeur nutritionnelle	
	Tolérance à la densité de plantation		Tolérance à un pH fort ou faible	Sapidité et qualité de cuisson	
			Tolérance à un faible taux de phosphore		

B. Les cultures de référence. a. Maïs

Enveloppe de l'épi			
Résistance à la verse			
Epis/plante			

b. Sorgho/Millet

Photosensibilité	Recépage	Résistance aux mauvaises herbes (striga)	Résistance aux oiseaux (millet)
Tallage	Résistance aux oiseaux (sorgho)	Résistance à la moisissure de l'épi (sorgho)	
Vitamine A (sorgho)			

c. Arachides

Résistance à la tavelure des feuilles	Résistance aux nématodes
Etat végétatif	Susceptibilité à l'alfatoxine

d. Haricots et Doliques

Habitude de croissance(grimpants ou buissonnants)	Couleur de la graine	Résistance aux maladies et aux insectes

PROGRAMMES D'AMELIORATION DES CULTURES PAR CULTURE INDIVIDUELLE

Maïs

Améliorations potentielles

De toutes les cultures de référence, le maïs possède le meilleur potentiel de rendement en ce qui concerne la production de grain par unité de terrain agricole dans des conditions adéquates d'humidité et avec l'utilisation de méthodes améliorées. Le maïs est généralement moins affecté par les insectes et les maladies que les légumineuses, particulièrement les haricots et les pois. De plus, il a été accompli davantage de travail de recherche d'amélioration des espèces sur le maïs que sur toute autre culture vivrière principale.

Activités actuelles de recherche et programmes agricoles

Le Centre International pour l'Amélioration du Maïs et du Blé (CIMMYT)* au Mexique est l'institut le plus actif dans l'amélioration du maïs ; il sert d'agent de liaison et de point d'expédition pour la collection mondiale la plus complète de plasma germinatif de maïs (matériau génétique du maïs). Il coopère de façon étroite avec l'Institut International pour l'Agriculture Tropicale (IITA) au Nigéria et le Centre International pour l'Agriculture Tropicale en Colombie (CIAT) dans leurs programmes respectifs ainsi qu'avec divers programmes nationaux d'amélioration partout dans les pays en voie de développement. En 1979, des essais internationaux de variétés de maïs ont été menés dans 84 pays différents sur 626 locations sous l'égide du CIMMYT) pour comparer ses variétés à celles de sources locales et étrangères.

Les variétés mises au point par le CIMMYT) font l'objet d'un programme bien organisé d'amélioration des espèces. Au cours des années 70, le centre a mis au point 34 groupes de plasma germinatif (groupes génétiques)

*Se reporter à la section "Références" pour les adresses des instituts internationaux.

classifiés selon trois types de climats (basses terres tropicales, hauts plateaux tropicaux et régions tempérées), quatre types de grains (vitreux, dentelé, blanc, jaune) et trois types de maturité (précoce, moyenne et tardive). A partir de ces groupements, des lignées sont mises au point par sélection pour le rendement, l'uniformité, la hauteur, la maturité et la résistance aux maladies, aux insectes et la stabilité sur pied contre les intempéries. Elles sont ensuite cultivées à plusieurs emplacements au Mexique. Les espèces les plus prometteuses sont utilisées dans des essais préliminaires internationaux de culture, et les meilleures deviennent des variétés expérimentales pour des travaux de recherche plus poussés à l'étranger.

Distribution des méthodes d'amélioration pour le maïs.

De 1961 à 1977, la production totale de maïs dans les pays en voie de développement a augmenté de 66%, alors que la surface des terres cultivées augmentait de 33% et les rendements de 24%. Cependant, si on les considère individuellement, environ la moitié seulement des pays en voie de développement ont fait des progrès significatifs (Rapport Annuel du CIMMYT 1979). La majorité du travail adaptatif de recherche avec le maïs dans les pays en voie de développement s'est fait dans certaines régions d'Amérique latine. L'Afrique et l'Asie, cependant, font face à des problèmes de culture spécifiques à ces régions en ce qui concerne le sol, le climat, les insectes et les maladies pour lesquels des variétés et des méthodes améliorées restent encore à être mises au point. Le CIMMYT travaille à l'heure actuelle en coopération avec des programmes nationaux de culture du maïs en Tanzanie, au Zaïre, au Ghana, en Egypte et au Pakistan ainsi qu'au Guatemala et fournit à la plupart d'entre eux le support en personnel. De plus, il coopère à un niveau régional avec l'Amérique centrale et les Caraïbes, l'Asie du sud et du sud-est (11 pays) et la région des Andes (Bolivie, Colombie, Equateur, Pérou et Vénézuéla, tous pays importateurs de céréales).

La résistance aux insectes et aux maladies est une priorité au CIMMYT. Cette organisation a un programme de mise au point des espèces en coopération avec six programmes nationaux de culture du maïs (Thaïlande, Philippines, Tanzanie, Zaïre, Nicaragua et Le Salvador) visant à mettre au point la résistance au mildiou lanugineux (important en Asie et s'étendant à d'autres régions), au virus de striure du maïs (Afrique) et au virus de nanisme du maïs (Amérique latine tropicale).

Améliorations réalisées dans la production du maïs

Le Projet Puebla au Mexique a été le permier essai à grande échelle d'amélioration de la production de maïs au niveau des petites exploitations.

Sous l'égide du CIMMYT, ce projet a regroupé 47.000 familles exploitantes dans la région de hauts plateaux de l'Etat de Puebla. La dimension moyenne des exploitations dans la région où ce projet a été mené était de 2,7 ha, et il s'agissait principalement d'exploitations opérant dans des conditions de terre sèche (non-irriguée). Plusieurs méthodes d'amélioration ont été mises au point ensemble pour répondre aux diverses conditions du sol et du climat dans cette région, et des systèmes adéquats de support et d'aide extérieure ont été recherchés pour les apports nécessaires, y compris l'obtention de crédit agricole. En 1972, la production de maïs dans la région du projet avait augmenté de quelque 30% et le revenu moyen des familles avait augmenté de 24% en termes réels. L'emploi agricole avait également été favorablement affecté par le projet, ceci étant dû à une demande plus importante de main-d'oeuvre par hectare de maïs cultivé.

Le Projet Puebla a été innovateur en ce sens qu'il a permis de faire passer la "Révolution Verte" (le premier essai organisé de mise au point de méthodes d'amélioration du rendement pour les cultures vivrières dans les pays en voie de développement) de la station expérimentale au

stade pratique de culture dans les champs et de concentrer les efforts sur des conditions d'exploitation sans irrigation.

Des exemples similaires existent dans un grand nombre de pays en voie de développement. Des parcelles de terrain expérimental produisent fréquemment plus de 6.000 kg/ha et il est généralement reconnu que 3.000 kg/ha ou plus est un objectif de rendement raisonnable pour de petites exploitations dans la plupart des régions. Le vrai test d'une variété améliorée étant sa performance dans des conditions réelles d'exploitation, le CIMMYT encourage les pays coopérant à ses projets à mener à bien des essais aussi complets que possible dans les champs d'exploitation plutôt que de se confiner à la station expérimentale où les conditions sont souvent idéales et non-réalistes.

A l'Horizon : Des chercheurs travaillent sur la mise au point d'une espèce de maïs fixatrice d'azote, qui serait similaire en cela aux légumineuses. D'ici 1985, ils espèrent avoir des variétés expérimentales capables de satisfaire jusqu'à 10% de leurs besoins en azote.

Sorgho à Grains

Améliorations possibles

Les rendements du sorgho à grain ne sont généralement pas aussi spectaculaires que ceux du maïs, le sorgho étant souvent cultivé dans des conditions inférieures à un niveau idéal. L'avantage du sorgho par rapport au maïs est qu'il possède une bien meilleure stabilité de rendement dans une grande variété de conditions climatiques, particulièrement dans des températures élevées et de faibles précipitations. Un grand nombre des variétés traditionnelles dans les régions semi-arides des tropiques sont trop hautes, sont photosensibles et ont une proportion excessive de tige et de feuilles par rapport aux grains. Leur floraison retardée leur permet d'échapper à de graves problèmes de pourriture de l'épi et de dégâts causés par les insectes, mais l'humidité du sol est souvent trop faible pour le développement du grain, qui se fait

au début de la saison sèche. Ces facteurs, combinés à une mauvaise gestion et au fait que ces grandes plantes ne tolèrent pas une forte densité de plantation (population), résultent en de faibles rendements se situant dans la moyenne entre 600 et 900 kg/ha dans la région semi-aride des tropiques.

Activités de recherche et programmes de culture actuels

L'Institut International de Recherche Agricole pour les régions Semi-Arides des Tropiques (ICRISAT), situé à Andhra Pradesh, en Inde, est le principal institut international travaillant à l'amélioration du sorgho. Parmi ses principaux objectifs se situe la mise au point de variétés possédant très peu ou aucune photosensibilité. Ces variétés auraient une période de croissance plus courte et seraient mieux adaptées à des régions plus sèches ou à des sols peu profonds où la rétention d'eau est faible. Elles seraient plantées plus tard dans la saison, mais fleuriraient environ deux semaines plus tôt que les types traditionnels, et par conséquent devraient posséder une bonne résistance à la pourriture de l'épi pour pouvoir mûrir dans des conditions plus humides. La hauteur de la plante serait d'environ 2 à 2,5 mètres avec une meilleure proportion de grains par rapport à la tige et aux feuilles. Les plantes de sorgho constituant une importante source de fourrage pour le bétail dans une grande partie des régions semi-arides des tropiques, les variétés naines, telles que celles utilisées aux U.S.A. ne seraient pas acceptables. Ces nouvelles variétés atteindraient leur maturité en 90 à 120 jours.

Sont également étudiées des plantes possédant une abilité de tallage important pour compenser une faible population de plantation et une variété résistante au striga (une importante herbe parasite, voir le Chapitre 6), au moucheron du sorgho, à la mouche de la tige du sorgho (cf. Chapitre 6) et à la sécheresse. On travaille également à mettre au point des variétés plus tolérantes

au froid pour les conditions de culture en hauts plateaux et dans les régions tropicales à saison fraîche, et des plantes résistant mieux aux maladies, particulièrement au mildiou lanugineux, au charbon, à la nielle, à l'anthracnose et à la rouille (voir le Chapitre 6). Finalement, l'institut espère mettre au point un sorgho à haute teneur en lysine et avec un apport plus important en protéine ainsi qu'une meilleure qualité de cuisson et de sapidité.

Distribution des méthodes d'amélioration pour le sorgho

Dans la région de savanne située au sud de l'Afrique occidentale, des variétés photosensibles améliorées ont produit plus de 3.500 kg/ha en 120 à 140 jours, deux mois de moins que les variétés locales. Elles peuvent être plantées plus tard dans la saison humide et fleurissent environ 8 à 14 jours plus tôt que les espèces locales, assurant ainsi un meilleur apport d'humidité pour le remplissage du grain.

Jusqu'à présent, des variétés fortement photoinsensibles (neutres par rapport à la longueur de jour) possédant une bonne résistance à la pourriture de l'épi n'ont pas été mises au point. Il existe des types améliorés de cette classe avec une période de maturité de 90-120 jours, mais leur plantation doit être prévue suffisamment tard dans la saison humide de façon à ce que la période de remplissage du grain se fasse au début de la saison sèche pour éviter la pourriture de l'épi. Ceci, cependant, les assujettit à un stress d'humidité probable.

Améliorations dans l'apport en protéine du sorgho : En 1974, deux lignées de sorgho avec 30% de plus en protéine et deux fois le niveau de lysine par rapport aux types conventionnels ont été découverts en Ethiopie. Cependant, ces lignées souffrent des mêmes inconvénients que le maïs à haute teneur en lysine en ce sens que le grain a une fécule molle et un endosperme farineux (la partie principale de la graine entourant le germe - embryon) très susceptible à l'attaque des insectes lors de son entreposage et se cassant facilement lors du battage du grain se faisant par piétinement des animaux. Des études ont également conclu que ces avantages d'apport supplémentaire en protéine varient considérablement

dans différentes conditions d'environnement. Par exemple, une faible teneur en azote dans le sol peut faire baisser le pourcentage en lysine et en protéine au-dessous de la normale. Ces variétés aux qualités nutritives améliorées devront attendre au plus tôt 1985 avant de pouvoir sortir officiellement sur le marché.

Caractéristique de fixation de l'azote : Comme pour le maïs, les essais de création d'espèces fixatrices d'azote pour le sorgho n'en sont qu'à un stage expérimental.

Améliorations de production et l'avenir : Le sorgho est distancé par le maïs en ce qui concerne le succès de campagnes d'amélioration du rendement dans l'exploitation. La plupart des réussites se sont produites dans les régions de précipitations moins marginales. Par exemple, bien que des variétes de sorgho à fort rendement aient été introduites en Inde au milieu des années 60, elles sont peu répandues au-delà des régions où les précipitations sont assurées ou où les terres sont sous irrigation. Un facteur principal est l'environnement climatique hautement variable des régions semi-arides des tropiques où des ensembles de technologie standardisées ne s'appliquent que de façon limitée, requiérant de plus gros efforts de recherche adaptative. Cependant, les efforts organisés d'amélioration du sorgho sont beaucoup plus récents que ceux pour le maïs, et l'avenir est prometteur.

Millet

Améliorations potentielles

Les rendements du millet sont généralement plus faibles que ceux du sorgho, ceci étant dû à des conditions plus difficiles de culture et à une période de remplissage du grain plus courte. Les variétés traditionnelles d'Afrique occidentale ont d'importants facteurs limitatifs, tels que l'architecture de la plante. Elles

G. 114

ont tendance à être trop hautes et leur index de récolte est faible. De plus, les types photosensibles fleurissent souvent trop tard dans la saison, causant un stress d'humidité au cours de la période de remplissage du grain. Les variétés qui ne sont pas autant affectées par la longueur du jour (les Geros) ont une caractéristique de tallage modérée, mais celle-ci n'est pas synchrone avec la tige pricipale. Ainsi, la plupart des talles fleurissent trop tard, lorsque l'humidité n'est pas adéquate pour le remplissage du grain.

Activités actuelles de recherche et problèmes de culture

Le programme d'amélioration des espèces de l'ICRISAT concentre ses efforts principalement sur le millet perlé, et ses objectifs sont d'améliorer la résistance à la sécheresse, aux insectes et aux maladies, d'augmenter la réaction aux méthodes améliorées, d'obtenir un meilleur index de récolte et des variétés avec différentes maturités pour répondre aux divers schémas de précipitations. Il sélectionne également des variétés particulièrement adaptées à des combinaisons de récoltes dérobées.

En Afrique occidentale et au Soudan, l'ICRISAT a un programme de mise au point de variétés de sorgho et de millet à haut rendement. Ce programme coopératif comprend les pays suivants : le Mali, la Haute Volta, le Niger, le Ghana, le Chad, la Gambie, le Sénégal, le Nigéria, la Mauritanie, le Cameroun et le Bénin.

Améliorations du millet réalisées

Comme pour le sorgho, les efforts d'améliorations du millet dans les pays en voie de développement sont relativement récents et à un stage d'initiation. Les tentatives de l'ICRISAT en Afrique occidentale en 1976 et 1977 ont démontré que les nouvelles variétés n'étaient pas meilleures que les types exxistant en Afrique occidentale, à quelques exceptions près. Le principal problème était un manque de résistance aux maladies et une maturité trop précoce. D'un autre côté, les efforts d'amélioration des espèces au Sénégal ont produit des types nains à haut rendement et répondant mieux à l'application

d'engrais. Ceux-ci ont un meilleur index de récolte et une période de maturité de 75 à 100 jours. Certaines des meilleures variétés de l'ICRISAT ont produit jusqu'à 4.000 kg/ha dans des essais internationaux. On a également fait des progrès dans la mise au point de variétés possédant une bonne résistance au mildiou lanugineux (Sclerospora graminicola), une grave maladie fongueuse favorisée par des conditions de forte humidité. Comme pour le maïs et le sorgho, des tentatives sont faites pour développer la fixation d'azote chez le millet, mais il faudra attendre encore quatre à cinq ans pour voir les résultats.

A l'horizon : La production de millet devrait s'accroître de façon significative dans l'avenir, au fur et à mesure que plus de terres à précipitations marginales sont cultivées. On espère que des travaux supplémentaires de recherche feront du millet l'une des céréales les plus productives en ce qui concerne le rendement par surface par période de temps (rendement d'une culture dans un certain secteur par cycle de récolte par an).

Arachides

Améliorations potentielles

Lorsqu'elles sont cultivées dans des conditions idéales d'humidité, les rendements des arachides et autres légumineuses sont d'environ 30 à 50% ceux du maïs. Cependant, les arachides étant environ trois fois plus riches en protéine que le maïs, les rendements sont en fait très similaires si l'on se base sur la production de protéine par rapport à la surface cultivée (une récolte de 2.000 kg/ha d'arachides produit environ la même quantité totale de protéine qu'une récolte de 6.000 kg/ha de maïs). C'est également le cas avec les autres légumineuses, toutes ayant deux à trois fois plus de protéine que les céréales. En bref, les légumineuses produisent des rendements modestes de graines riches en protéine alors que les céréales produisent de forts

rendements de graines féculeuses. Bien que le faible niveau de rendement des légumineuses ne doive pas être ignoré, il existe un potentiel d'amélioration du rendement dans les pays en voie de développement où la production par hectare est très en arrière par rapport à celle des pays développés.

Activités de recherche et amélioration des récoltes

Les arachides se pollinisant elles-mêmes, l'élaboration de nouvelles variétés par croisement est difficile et prend beaucoup de temps. Les fleurs individuelles doivent être émasculées manuellement et pollinisées à la main. La production de graines par plante étant comparativement basse, la multiplication des types améliorés est très lente, bien que la propagation puisse se faire par bouture. La plus grande partie des efforts sont concentrés sur la collecte et l'amélioration de variétés locales et introduites sélectionnées pour leur adaptabilité, leur résistance à la sécheresse, leur contenu en huile et en protéine, leur résistance aux maladies et aux insectes, et leur pourcentage d'épluchure (proportion de poids de la cosse par rapport au poids de la graine).

Distribution des activités d'amélioration des arachides

L'institut international le plus actif dans l'amélioration des arachides dans les pays en voie de développement est l'ICRISAT. La recherche avance également dans les pays développés tels qu'aux U.S.A. (particulièrement en Georgie, en Caroline du Nord et au Texas), en Australie et en Afrique du Sud, mais elle s'applique aux conditions locales. D'autres centres pour l'amélioration des arachides sont le Sénégal, le Nigéria, le Soudan, le Mexique, l'Argentine et le Brésil.

Des travaux de recherche visant à mettre au point des espèces précoces adaptées à des saisons de pluies courtes, à améliorer la période végétative de la graine (pour éviter une germination dans le sol), et la résistance à la rouille, à la tavelure des feuilles et à l'aflatoxine (voir le Chapitre 6) sont menés à l'heure actuelle par l'ICRISAT. Au Sénégal, on a mis au point plusieurs lignées résistantes au virus de la rosette, un problème sérieux dans les zones plus humides de culture de l'arachide en Afrique.

De toutes les cultures de référence, l'arachide est la plus compliquée en ce qui concerne les méthodes de culture et de récolte nécessaires à un bon rendement. La préparation de la couche de semis, le contrôle des mauvaises herbes et des maladies ainsi que la récolte requièrent une attention particulière : ils doivent être faits en détail et suivant un calendrier. Leur valeur étant bien plus élevée que les céréales, des applications répétées de fongicides pour contrôler la tavelure des feuilles sont très rentables et constituent un autre exemple de la sophistication relative requise pour l'obtention de bons rendements. Il ne fait aucun doute que la recherche sur l'amélioration des espèces a un rôle à jouer dans l'amélioration de l'arachide, mais des méthodes de gestion améliorées sont particulièrement importantes pour un meilleur rendement.

Dans les pays en voie de développement où l'arachide constitue une culture principale d'exportation, sa commercialisation est généralement contrôlée par un organisme gouvernemental qui fournit également les installations d'entreposage et peut jouer le rôle de fournisseur en graines, en engrais et autre aide extérieure à la production. Dans ces conditions, un travail adaptatif de recherche a la première priorité, mais le système de vulgarisation, qui doit assurer la liaison entre l'exploitant et la station expérimentale, peut être faible. En général, les rendements sont bien au-dessous de l'ordre de 1,700 à 3,000 kg/ha qui sont faisables dans des conditions de méthodes améliorées où la contrainte d'humidité n'est pas grave.

Haricots et doliques

Jusqu'au début des années 70, l'amélioration des légumineuses avait été sérieusement délaissée. Comparées aux céréales, ces légumineuses à grains semblaient offrir moins d'opportunités prometteuses, étant donné leurs

rendements relativement faibles et leur plus grande susceptibilité à l'attaque des insectes et des maladies. Cependant, étant donné leur important apport en protéine et leur potentiel de complément nutritionnel si elles sont consommées avec les céréales, les programmes de vulgarisation et de recherche ne peuvent plus se permettre de les ignorer. Les meilleurs rendements de céréales et de légmineuses sont relativement similaires lorsqu'on les compare sur la base de production de protéine par surface cultivée.

Haricots ordinaires

Améliorations potentielles

Dans le passé, des travaux de recherche ont semblé conclure que les haricots ordinaires étaient une des légumineuses les moins productives. Cependant, une étude de croissance comparée menée par le Centre International pour l'Agriculture Tropicale (CIAT) en 1978 et portant sur cinq légumineuses à grain a conclu que les haricots et les pois ordinaires étaient les deux cultures les plus rentables en termes de rendement par jour de croissance (les trois autres étaient les pois cajans, le soja et les haricots mungos).

Malheureusement, les rendements actuels moyens pour l'Afrique et l'Amérique latine sont faibles et de l'ordre de 600 kg/ha, tandis que le CIAT a obtenu jusqu'à 4.300 kg/ha dans des conditions de monoculture (les haricots constituant la seule culture) et 3.000 kg/ha dans des conditions de culture combinée avec le maïs.

Activités actuelles de recherche et programmes de culture

L'institut international le plus actif en ce qui concerne l'amélioration du haricot ordinaire est le CIAT. En 1973, il a mis sur pied un Programme de Systèmes de Production des Haricots pour augmenter la production et la consommation de cette culture en Amérique latine. De plus, il coopère avec les pays en voie de développement dans d'autres domaines. A cet effort se joint à l'heure actuelle un programme récemment organisé sous l'égide du gouvernement des U.S.A. et visant à un travail coopératif de recherche sur le haricot sec entre 8 universités aux U.S.A. et certains pays en voie de

développement.

Le programme du CIAT vise à augmenter les rendements du haricot par plusieurs approches :

- La mise au point de variétés améliorées résistant aux principales maladies et aux facteurs les plus importants de stress tels qu'un faible taux de phosphore dans le sol, l'acidité du sol, la sécheresse et les températures extrèmes. On se porte plus particulièrement sur les possibilités de culture combinée avec le maïs.

- La recherche sur l'amélioration des espèces pour obtenir une meilleure fixation de l'azote. Actuellement, le haricot ordinaire est un des fixateurs d'azote les plus inefficaces et requiert des apports modérés supplémentaires d'engrais.

- La mise au point de méthodes de gestion améliorées pour les sytèmes de monoculture et de polyculture (voir le Chapitre 4).

- La formation de personnel dépendant de programmes nationaux dans d'autres pays en voie de développement et la mise sur pied d'un important réseau de recherche sur le haricot en Amérique latine et en Afrique de l'est.

Au sein de son programme international d'essais de cultures, le CIAT gère une Pépinière Internationale pour le Rendement et l'Adaptation du Haricot (IBYAN), avec 100 espèces participantes. Le CIAT fait une réplique de ce IBYAN et l'expédie à un grand nombre d'autres pays qui l'utilisent dans leur travail expérimental sur le haricot. Le Centre pour l'Agriculture, la Recherche et la Formation Tropicales (CATIE) à Turrialba, à Costa Rica, est également actif dans le travail d'amélioration du haricot.

Distribution des méthodes d'amélioration du haricot

Après presque cinq années de travail sur l'amélioration des espèces, la plupart des variétés améliorées que le CIAT a expédié dans divers pays pour des essais internationaux de culture en 1979 présentaient une certaine résistance aux principaux problèmes de parasites tels que le virus commun de la mosaïque, la rouille, la nielle bactérielle commune, la tavelure anguleuse des

feuilles, l'anthracnose et une espèce particulièrement nuisible de puce de la feuille (Empoasca Kraemeri) prédominante en Amérique latine. Des variétés ont également été trouvées faisant preuve d'une certaine tolérance à de faibles taux de phosphore dans le sol et la toxicité de l'aluminium et du manganèse qui affecte souvent le haricot dans un sol très acide (bien au-dessous de pH 5,5). . Le CIAT et le CATIE ont accompli d'importants progrès dans l'amélioration de sytèmes de polyculture haricot-maïs grace à une gestion et séléction des variétés de haricot améliorées.

Etant donné l'intérêt relativement récent porté à la recherche sur le haricot, des programmes d'amélioration du rendement en exploitation sont loin d'atteindre les progrès impressionnants et largement distribués accomplis dans le domaine de la culture du maïs, du riz et du blé. Cependant, le travail de recherche d'amélioration des espèces et de gestion accompli en est arrivé au point où les exploitants peuvent augmenter leurs rendements avec un programme d'extension bien organisé.

Doliques

Progrès faits dans l'amélioration des doliques

L'Institut International pour l'Agriculture Tropicale (IITA) au Nigéria est l'institut international le plus actif dans le travail d'amélioration des pois sauvages et travaille plus particulièrement sur l'amélioration de la résistance aux parasites, des rendements et à la mise au point d'un ensemble de méthodes améliorées pour la culture des doliqeus dans des conditions de polyculture communes en Afrique tropicale. En 1978, l'IITA avait mis au point et distribué cinq nouvelles variétés (VITA 1-5) offrant un meilleur rendement, une résistance améliorée aux parasites et un bon apport en protéine. Elles peuvent produire 1.500-2.500 kg/ha dans des conditions de gestion améliorée sur une petite exploitation, comparé à la moyenne actuelle en Afrique occidentale qui est de l'ordre de 500 kg/ha. La couleur blanc crème de la graine de

VITA 5 est préférée dans la majorité des pays africains. Comme pour le haricot ordinaire, les efforts d'extension de l'amélioration en exploitation en sont encore à leurs débuts.

4 Planification et préparation

Ce chapitre concerne les principes fondamentaux de production des cultures de référence et les recommandations actuelles relatives aux systèmes de culture, à la préparation des sols, à la sélection des graines et à la plantation. La section concernant les principes fondamentaux de production donne une description du "comment, quoi et pourquoi" de ces opérations agricoles. La section "compendium" résume les recommandations actuelles relatives à la production des cultures de référence basées principalement sur les informations recueillies auprès des instituts internationaux de recherche et de certains services nationaux de vulgarisation. Bien que le résumé offre des propositions générales concernant les diverses cultures, l'agriculture est une activité spécifique à l'emplacement géographique. Cette section a été conçue principalement pour montrer comment les recommandations varient selon l'environnement physique et l'infrastructure spécifique à chaque région.

SYSTEMES DE CULTURE

Comme il l'a été expliqué précédemment, le terme "système de culture" fait référence à la fois au schéma général de culture d'un exploitant ou d'une région et aux séquences spécifiques à une culture ainsi qu'aux facteurs qui lui sont associés, notamment les aspects suivants :

1. Monoculture : la culture répétée d'une seule culture dans le même champ d'une année sur l'autre.

2. Rotation des cultures : la culture répétée d'une succession organisée de cultures (ou l'alternance de mise en culture et de mise en friche) dans le même champ.

3. Polyculture :
   a. Culture séquentielle : Culture de deux cultures ou plus se succédant dans le même champ par année ou par saison de culture, quelquefois appelée culture double ou triple. Par exemple : Plantation de maïs en mai, sa récolte en août, puis plantation de haricots. Une seule culture à la fois occupe le champ.

   b. Cultures dérobées : C'est la définition la plus commune de la polyculture et implique la présence de deux cultures ou plus en même temps dans le même champ. Il existe quatre variantes de ce système :

      • Cultures dérobées mixtes : Deux cultures ou plus sans agencement distinct de rangées de plantation.

      • Cultures dérobées par rangée de plantation : C'est le même concept que pour les cultures dérobées mixtes mais avec un agencement distinct des rangées de plantation.

      • Cultures dérobées par relais : La présence simultanée de deux cultures ou plus au court d'une partie du cycle d'existence de chacune. La seconde culture est généralement plantée une fois que la première a atteint son stade de reproduction (c'est-à-dire vers la période de floraison) mais avant qu'elle soit prête à être récoltée. Exemple : Plantation d'une variété grimpante de haricot paralèlement à du maïs qui vient de former ses aigrettes.

      • Cultures dérobées en bande de parcelles : La présence de deux cultures ou plus sur des bandes de parcelles séparées suffisamment larges pour permettre une culture séparée, mais suffisamment étroite

également pour qu'elles puissent réagir agronomiquement.

Monoculture/rotation des cultures

Il est difficile de comparer les pour et les contre de la monoculture comparée à la rotation des cultures, car un grand nombre d'éléments de comparaison dépendent du type de culture, des sols, des méthodes de gestion, du climat et des données économiques. On reproche souvent à la monoculture d'"épuiser" les sols (problèmes d'érosion et diminution de la fertilité et de la couche arable) et d'être responsable d'une concentration d'insectes et de maladies, et pourtant cela n'est pas toujours le cas. Certaines régions très fertiles de la région productrice de maïs aux U.S.A. consacrent plus de 50% de leurs terres arables à la production continue de maïs, avec un rendement aussi bon que dans des conditions de rotation de cultures. En fait, la recherche menée dans ces régions productrices de maïs a conclu que la culture séquentielle du maïs cultivé dans les conditions présentes dans cette région résulte en une concentration d'insectes moins importante que lorsque le maïs est cultivé en rotation avec le soja ou la mise en pâturage et le fourrage. D'un autre côté, la monoculture du coton dans le sud des U.S.A. au 19ème siècle et au début du 20ème siècle a entraîné d'importantes dégradations du sol et de sérieux problèmes d'insectes.

La monoculture est rare dans des conditions de petite exploitation dans les pays en voie de développement, les cultures dérobées y étant prédominantes et puisqu'une variété de cultures doit être produite pour satisfaire aux besoins de subsistance. Elle se confine principalement à des cultures persistantes commerciales et d'exportation telles que le café, la canne à sucre, les citrus et les bananes. La détermination de la nocivité de la monoculture dépend du type de culture, de la gestion du sol et de facteurs climatiques.

Type de cultures :

• Les cultures en rangées de plantation, qui apportent une couverture de sol relativement faible ou rendent au sol de petites quantités de résidus (tiges, feuilles, branches et autres débris restant dans un champ après la récolte), ne sont pas recommandées pour la monoculture (c'est-à-dire le coton, l'arachide, le maïs ou le sorgho cultivés pour le fourrage ou l'ensilotage).

• Certaines cultures telles le haricot, la pomme de terre et un grand nombre de légumes sont particulièrement sensibles à l'attaque des insectes et des maladies provenant du sol qui surviennent généralement dans des conditions de monoculture.

Gestion du sol et facteurs climatiques : La condition physique d'un sol (couche arable et perméabilité), sa fertilité naturelle et son aptitude à retenir les éléments nutritifs sont directement fonction de sa teneur en matières organiques (humus)*.

• La monoculture en rangées de plantation fait sérieusement baisser le taux d'humus du sol à moins que tous les résidus de la récolte soient rendus au sol accompagnés d'apports supplémentaires de fumier en quantités importantes (environ 30 tonnes métriques/ha ou plus par an).

• Les opérations de labour et de culture associées à la production mécanisée (ou l'utilisation d'animaux de trait) de cultures en rangées de plantation aère le sol, ce qui accélère la décomposition microbienne et la perte d'humus. C'est en partie la raison pour laquelle un grand nombre d'exploitants aux U.S.A. et en Europe sont passés à des systèmes de labour minimal tels que le passage de la charrue et la plantation en une seule opération. Le labour minimal entraîne certains problèmes avec l'arrachage des mauvaises herbes et l'utilisation d'herbicides.

• Le problème de la perte d'humus est particulièrement grave aux tropiques où les températures sont élevées. La décomposition se fait trois fois plus vite à 32°C qu'à 15,5°C

• Les problèmes d'érosion associés à la culture en rangées de plantation sont plus sérieux aux tropiques, ceci étant dû à une intensité plus importante des précipitations (même dans les régions semi-arides).

*L'humus est une matière organique qui a été relativement bien décomposée.

La rotation des cultures peut être ou ne pas être bénéfique en ce qui concerne la condition du sol, les insectes et les maladies. Quant à la condition du sol, l'idéal serait de mettre en rotation des cultures à faibles résidues telles que le coton et les légumes avec des cultures à taux de résidus mooyens, telles que le maïs, le sorgho et le riz, ou mieux encore, avec un mise en pâturage de la terre, mais très peu d'exploitants peuvent se permettre ce genre de souplesse. L'addition d'une culture dans la rotation d'une culture de légumineuse fixatrice d'azote telle que l'arachide ou le haricot n'apporte pas nécessaaiarement une élévation importante du niveau d'azote dans le sol, une grande partie de l'azote produit se retrouvant dans les graines récoltees elles-mêmes. Dans certaines régions, des expériences ont été faites sur les cultures à fumier vert (légumineuses) telles que les doliques, qui sont enterrés en labourant aux alentours de la période de floraison pour ajouter de l'humus et de l'azote dans le sol (aucune récolte n'est faite), mais plusieurs problèmes sont associés à cette approche :

- Peu d'exploitants sont disposés à immobiliser leur terre avec la présence d'une culture non-récoltée.
- L'effet des cultures à fumier vert sur les sols ne dure pas longtemps dans des conditions tropicales.
- La culture à fumier vert peut utiliser toute l'humidité du sol dont la culture suivante aura besoin.

Rotation des cultures proposée pour les cultures de référence

Les variantes sont trop nombreuses pour pouvoir faire des recommandations spécifiques destinées à une application à grande envergure. Un grand nombre de facteurs dépendent des sols de la région, du climat, de la prédominance et du type des cultures dérobées, ainsi que des insectes et des maladies communes.

On peut faire certaines recommandations générales :

- Il est préférable de ne pas cultiver dans un même champ et à moins de trois années d'écart des cultures ayant en commun des maladies similaires (particulièrement celles dont l'origine se trouve dans le sol, telle que la moissisure des racines). Par exemple, l'arachide, le tabac, l'haricot, le soja et la patate douce sont tous

susceptibles à l'attaque de la Nielle de la Tige (Sclerotium rolfsii) ainsi qu'à celle des mêmes types de nématodes, et il n'est pas recommandé de les cultiver en succession dans le même champ.

- Il est recommandé de ne pas cultiver dans un même champ plus d'un an sur trois une culture telle que l'arachide ou le haricot, qui sont particulièrement susceptibles aux maladies originaires du sol. Là encore, l'application du système de cultures dérobées peut rendre ces problèmes moins graves, mais pas toujours.

- La monoculture présente moins de problèmes si des variétés résistantes aux maladies sont disponibles et sont continuellement mises au point en réponse à de nouvelles maladies.

Cultures dérobées (polyculture ou cultures combinées)

Des combinaisons de cultures dérobées impliquant deux cultures de référence ou plus (parfois cultivées avec d'autres) sont très communes dans les petites exploitations des pays en voie de développement.

Les cultures dérobées ne conviennet généralement pas à une culture mécanisée, mais le système de cultures dérobées sur bandes de terre est parfois utilisé quand un équipement de travail sur plusieurs rangées de plantation peut être utilisé.

Le pour et le contre du système de cultures dérobées

Le pour

- Ce système a moins de risques puisque les rendements ne dépendent pas d'une seule culture.

- Une meilleure distribution de la main-d'oeuvre.

- Certains insectes et maladies semblent se propager moins rapidement dans un systèmes de cultures dérobées.

- Un meilleur contrôle de l'érosion dû à une meilleure couverture du sol.

- Toutes légumineuses cultivées dans ces conditions peuvent ajouter de l'azote au sol.

Le contre

- La mécanisation est difficile.

- Les besoins de gestion sont plus importants.

- Les coûts d'ensemble par unité de production peuvent être plus élevés, ceci étant dû à une efficacité réduite en ce qui concerne la plantation, le désherbage et la récolte.

Le type de polyculture est directement fonction des précipitations et de la longueur de la saison des pluies. Ceci est mis en évidence dans les données suivantes :

Précipitations annuelles	Type prédominant des polycultures
300-600 mm	Cultures dérobées en combinaison avec des cultures de maturité analogue
600-1.000 mm	Cultures mixtes de maturités différentes
Plus de 1.000 mm	Trois types de polyculture : séquentielle, simultanée et en relais.

Progrès accomplis dans le domaine des systèmes de cultures dérobées

La polyculture est un sujet diversifié et complexe pour lequel les grandes lignes sont souvent très spécifiques à l'emplacement géographique. L'intérêt porté à la recherche sur la polyculture s'est nettement intensifié au cours des dix dernières années, une attention particulière étant prêtée aux combinaisons céréales-légumineuses qui semblent avoir un très gros potentiel, particulièrement des combinaisons de maïs ou sorgho avec des haricots ou des doliques.

Les résultats de recherche suivants sont présentés non pas pour suggérer une application directe à une région donnée mais plutôt pour donner une idée des nombreux facteurs associés au système de cultures dérobées et des meilleurs résultats atteints dans ces systèmes complexes.

Le Programme National pour le Maïs, au Zaïre, travaille à la rotation du maïs et à sa combinaison avec les légumineuses pour améliorer la fertilité du sol sans utiliser d'engrais commerciaux. Des rotations utilisant du soja et le Crotalaria

(croton) (une plante à fumier vert et un poison pour les animaux) ont été tentées. Jusqu'à présent, le Crotalaria semble supérieur en ce qui concerne son aptitude à fixer l'azote avec la culture de maïs lui succédant et produisant jusqu'à 9.000 kg/ha. Le maïs succédant à une culture de soja en fumier vert a produit jusqu'à 6.700 kg/ha. Le Programme National pour le Maïs a également travaillé sur une combinaison doliques-maïs, mais n'a pas encore trouvé des variétés de doliques qui conviennent.

Les rotations ainsi que la polyculture du maïs avec des légumineuses semblent offrir certaines promesses au Zaïre, mais il existe deux principaux problèmes :

- Les graines de légumineuses sont plus difficiles à entreposer d'une année sur l'autre dans des conditions d'humidité.

- Bien que des légumineuses utilisées comme fumier vert puissent contribuer à un important apport d'azote dans le sol, les exploitants sont encore susceptibles d'avoir besoin d'engrais, les légumineuses ne donnant pas bien sur les sols faibles en phosphore qui sont prévalents aux tropiques.

Des essais de culture combinée millet perlé-arachide menés par l'Institut International de Recherche Agricole pour les régions Semi-Arides des Tropiques (ICRISAT) en Inde ont fait état de rendements améliorés de 25 à 30%. L'agencement d'une rangée de millet pour trois rangées d'arachide semblait constituer l'équilibre optimal de concurrence.

Recherche sur la culture combinée de maïs-haricot :

Le Centre International pour l'Agriculture Tropicale (CIAT) a mené de nombreux essais de cultures combinant le maïs et les haricots dans diverses régions de Colombie. Ces essais sont faits sur la base de plantation simultanée ou presque simultanée de ces deux cultures plutôt que de plantations en relais. Les résultats sont les suivants :

- Pour l'exploitant, la proportion optimale de plants de maïs par rapport aux plants de haricots dépend non seulement des rendements relatifs mais également du rapport de prix entre le maïs et les haricots, qui est

de l'ordre de 1 à 2 et peut aller jusqu'à 1 à 7 dans certains pays d'Amérique latine.

- Un grand nombre d'essais sur la plantation simultanée ou presque simultanée de maïs et de haricots ont montré que les rendements du haricot buissonnant diminuaient d'environ 30% et ceux du haricot grimpant d'environ 50% comparés aux rendements obtenus lorsque ceux-ci sont cultivés seuls.

- Les rendements du maïs n'étaient généralement pas affectés de façon adverse par leur association avec les haricots avec une densité de plantation de 40.000
- plantes/ha. Des densités de plantation de maïs supérieures à 40.000 plantes/ha faisaient diminuer le rendement du haricot buissonnant, ceci étant dû à l'ombrage, tandis que des densités inférieures à 40.000 plantes/ha faisaient baisser le rendement du haricot grimpant, ceci étant dû à un tutelage inadéquat.

- Avec 40.000 plants de maïs/ha, les rendements relatifs des deux cultures étaient les meilleurs avec une densité de plantation du haricot buissonnant de l'ordre de 200.000 à 250.000 plantes/ha et de 100.000 à 150.000 plantes/ha pour le haricot grimpant.

- Les rendements des haricots grimpants étaient les meilleurs lorsqu'ils étaient plantés simultanément avec le maïs ; ceux des haricots buissonnants étaient les meilleurs lorsque les haricots étaient plantés une ou deux semaines avant le maïs, bien que cette approche résulte en une diminution sensible de la production du maïs. Les résultats variaient en fonction de la température et de la vigueur précoce relative des jeunes plants de maïs et de haricot.

Un essai mené en 1976 par le Centre pour l'Agriculture, la Recherche et la Formation Tropicales (CATIE) à Costa Rica a conclut que des densités de plantation en cultures combinées de 50.000 plants/ha pour le maïs et de 200.000 plants/ha pour le haricot buissonnant constituaient la meilleure combinaison et produisaient des rendements de 3.400 kg/ha et 1.800 kg/ha respectivement.

Une étude menée en 1976 dans la région de Minas Gerais au Brésil par l'Universidade Federal de Vicosa a concentré ses efforts de recherche sur la combinaison de cultures en relais du maïs et des haricots. Des densités de 20.000, 40.000 et 80.000 plants de maïs/ha ont été

combinées avec des haricots grimpants dans une densité de 100.000, 200.000, 300.000 et 400.000 plants/ha. Le maïs avait été planté au cours de la saison humide et les haricots avaient été plantés entre les rangées de maïs lorsque celui-ci avait presque atteint sa maturité. Les résultats obtenus ont été les suivants :

- Le rendement du maïs n'a pas été affecté par les haricots et le meilleur rendement a été obtenu avec une densité de 60,000 plants/ha.
- Le meilleur rendement pour les haricots a été obtenu avec la plus faible densité de plantation du maïs et n'a pas été affecté par la densité de plantation des haricots.
- Bien que les haricots aient été planté quand le maïs commençait à sécher, le maïs a quand même exercé un effet de concurrence dû principalement à l'ombrage. Lorsqu'elle est cultivée seule sur du treillis, cette variété de haricot produit normalement 1,200 à 2,000 kg/ha avec une densité de plantation de 250,000 plants/ha, mais, cultivée avec une population de 20,000 plants de maïs/ha, elle a produit 800 kg/ha.

Doliques-Millet-Sorgho : Des expériences menées en Afrique montrent que les rendements des doliques sont réduits d'environ 45 à 55% lorsqu'ils sont combinés avec le millet et le sorgho. Cependant, cultivées seules, les variétés améliorées de doliques sont plus susceptibles à l'attaque sérieuse d'insectes et requièrent souvent un contrôle chimique des parasites. De plus, les doliques cultivés en culture dérobée sont généralement plantés plus tard dans la saison humide et sont considérés davantage comme une culture supplémentaire ne réduisant pas les rendements du millet et du sorgho.

Amélioration des systèmes traditionnels de polyculture

Dans le sud-est du Guatemala, les petits exploitants plantent généralement à la main le maïs, le sorgho et les haricots sur des terres en pente ou rocailleuses, et les rendements obtenus sont de l'ordre de 530, 630 et 410 kg/ha respectivement. A cause d'une grave pénurie de

main-d'oeuvre pour la plantation au début de la saison, les exploitants plantent les haricots dans un sol sec. Ils plantent ensuite trop de maïs et de sorgho une fois que les pluies arrivent sans considérer l'emplacement où les haricots vont germer. Avec les variétés locales qui sont utilisées, si les haricot émergent les premiers, ils domineront le maïs et le sorgho ; l'inverse se produira si le maïs et sorgho germent les premiers. Dans l'espoir d'obtenir une recolte équilibrée, les exploitants se dépêchent dee finir de planter le maïs et le sorgho avant que les haricots ne germent. Le principal inconvénient à ce système traditionnel est le rilsque encouru que les haricots plantés à sec reçoivent juste assez de pluie pour germer sans bénéficier des précipitations supplémentaires suffisantes pour permettre leur croissance (c'est-à-dire un "faux départ" au cours de la saison humide).

Les chercheurs ont essayé plusieurs alternatives. La plus prometteuse parmi celles-ci consiste à planter en bandes dérobées le maïs, le sorgho, les haricots et les doliques.

Au début de la saison humide, les haricots sont plantés en bandes composées de trois rangées espacées de 30 cm. Un espace suffisant est laissé entre ces bandes pour accommoder des séries de rangées doubles (jumelles) de maïs, avaec deux "varas" (164 cm) entre les rangées jumelles (espace mesuré à partir du centre d'une rangées jumelles de maïs (deux ou plus) peuvent être plantées entre les bandes occupées par les haricots, selon le mélange de cultures désiré. L'espacement de 30 cm entre les rangées de haricots est très étroit, mais il permet un meilleur contrôle des mauvaises herbes, étant donnée l'ombrage plus précoce entre les rangées de plantatation. Les bandes sont suffisament étroites également pour permettre de les désherber manuellement par les côtés pour éviter le piétinement du sol et des plantes.

Une fois que les haricots émergent, les rangées de maïs peut être retardée sans danger que les haricots ne

dominent les jeunes plants de maïs (c'est là un avantage de la culture combinée en bandes). Les haricots appartiennent à une variété à saison courte mûurissant en 60 à 65 jours.

Aussitôt que les haricots sont cueillis, une variété de sorgho à saison courte est plantée dans l'espace situé entre les séries de rangées jumelles de maïs. Plus tard, les plantes de maïs presque parvenues à maturité sont repliées pour réduire l'ombre sur les jeunes plants de sorgho, qui démarrent lentement. Cette méthode fait s'incliner l'épi de maïs vers le bas, ce qui empêche l'eau d'y pénétrer (qui favorise les pourritures fongueuses du grain) et ce qui permet de réduire les dégâts causés par les oiseaux.

Environ deux semaines avant que le maïs ne soit ainsi replié, les pois sauvages sont plantés le long des bordures extérieures des rangées jumelles de maïs (c'est-à-dire le long des bordures des bandes de haricots cueillis). Les feuilles des plantes de maïs sont arrachées au fur et à mesure qu'elles meurent à l'approche de la maturité et elles sont utilisées comme paillis (couverture du sol) pour conserver l'humidité du sol. Les doliques utilisent les tiges du maïs comme échalats et ne posent pas de problème de concurrence étant donné qu'ils sont plantés tardivement.

Culture itinérante utilisée comme système de culture

La culture itinérante (agriculture itinérante sur brûlis) est un système traditionnel de culture qui était très répandu dans les régions humides des tropiques. Etant donnée une poussée accrue de la population sur les terres, ce système n'est maintenant utilisé que dans les régions denses de forêts du Bassin de l'Amazonie, de l'Afrique centrale et occidentale et de l'Asie du sud-est.

Bien qu'elle comporte plusieurs variantes, la culture itinérante est composée principalement de trois étapes :

1. Les terres sont complètement défrichées à la main, les arbres et autre végétation étant abattus et brûlés. Ce brûlis a plusieurs effets :

   - Tout l'azote et le soufre de la végétation sont perdus dans l'atmosphère sous forme de gaz. Cependant, les autres éléments nutritifs (phosphore, potassium, calcium, etc..) se déposent sur le sol sous forme de cendres.

   - Bien que les pertes en matière organique soient importantes, le sol en a déjà reçu beaucoup au cours des années par la chute des feuilles et la décomposition des racines.

   - Le brûlis tue certains insectes, maladies et graines de mauvaises herbes, mais pas tous.

2. Les cultures occupent les terres deux à trois ans, généralement sous forme de culture dérobée qui peut comprendre des cultures à long cycle telles que le manioc (cassave) et les ignames dans les régions humides. Un labour léger (binage, etc..) peut être nécessaire pour la préparation de la couche de semis, le sol étant généralement en bonne condition physique, grâce à la friche précédente. Les cultures utilisent les éléments nutritifs accumulés de façon naturelle au cours de la période de friche. Les rendements sont moyens la première année, mais baissent rapidement par la suite, résultant en un abandon temporaire de la terre après plusieurs années de culture.

3. On laisse ensuite la terre revenir à un état de friche végétative naturelle pendant 5 à 10 ans de façon à "régénérer" le sol de plusieurs manières :

   - La végétation, surtout si elle consiste principalement en arbres et autres espèces profondément enracinées, recycle les éléments nutritifs filtrables comme l'azote et le sulfure qui peuvent être apportés au sol par les pluies au cours des périodes de culture et de friche. Une certaine partie de la végétation de friche peut être légumineuse et même ajouter de l'azote au sol.

   - La mise en friche augmente la quantité d'humus du sol, qui constitue une réserve et une source vitales d'éléments nutritifs, et améliore également de façon significative la condition physique du sol.

   - Des quantités réduites, mais significatives, d'azote sont produites par l'éclair, et celles-ci sont ajoutées au sol par les pluies d'orage.

La période de friche aide également à éviter une concentration de parasites et de maladies. L'agriculture de mutation ne requiert aucune aide extérieure et est en complète harmonie avec l'environnement naturel des tropiques humides. Cependant, le succès de ce système dépend grandement du maintien d'une période de friche de durée adéquate. Au fur et à mesure que la fréquence du défrichement et du brûlis augmente, les arbres et les buissons meurent et sont remplacés par une friche d'herbage (savanne) de qualité inférieure, dont les racines sont peu profondes et dont le processus de recyclage et d'accumulation d'éléments nutritifs n'est pas efficace, et qui est très difficile à défricher pour la culture. (La croissance plus dense d'un grand nombre d'espèces tropicales d'herbes est en fait stimulée par le brûlis). Dans ces conditions, l'agriculture d'abattage et de brûlis présente une menace pour l'environnement, causant une déforestation, une érosion et un épuisement des sols graves. Un grand nombre de régions d'Amérique centrale ont été ainsi dénudées.

Amélioration de culture itinérante

Comme il l'a été expliqué, ce système ne convient en fait qu'aux zones humides de forêt tropicale avec une faible densité de population. Des tentatives européennes visant à remplacer la culture itinérante pratiquée dans certaines régions d'Afrique par une agriculture "moderne" se sont heurtées à des sérieux problèmes (érosion, parasites, maladies et un déclin sérieux de la condition du sol). Certains sols tropicaux ont une couche de latérite riche en fer qui peut se trouver exposée par l'érosion. Si ces sols ne sont pas maintenus constamment à l'ombre, la latérite peut durcir de façon irréversible et rendre ces sols inutilisables.

La liste suivante fait état des possibilités les plus prometteuses en ce qui concerne l'amélioration de la culture itinérante :

- Le système de "Taungya", d'origine birmane, et combinant l'agriculture et l'exploitation forestière ; il consiste essentiellement à défricher les terres pour un cycle de culture suivi de la plantation d'arbres à croissance

rapide pour l'obtention de bois de construction et l'amélioration rurale. Ces deux phases se feraient simultanément dans une même zone.

- Utilisation d'engrais (chimiques ou organiques) pour augmenter le rendement au cours de la periode de culture.

- Semis de plantes spécialement sélectionnées sur la surface en friche, qui peuvent être plus bénéfiques que les espèces naturelles ; la friche améliorée peut comprendre des légumes grimpants à croissance dense ou des arbres et arbustes légumineux.

PREPARATION DES TERRES A L'AGRICULTURE

Sur de petites exploitations, les méthodes de préparation des terres pour les cultures de référence peuvent nécessiter ou non un vrai labour (travail du sol avec une binette, une charrue ou autre équipement) ou la mise en forme d'une couche de semis (nivellement de la terre ou élévation de la couche de semis).

Méthodes ne nécessitant pas de labour ou de mise en forme du lit de semis

Dans des conditions de culture itinérante, de faible entretien ou de sols très en pente ou rocailleux, les terres sont souvent défrichées par simple abattage et/ou brûlis, suivi de la formation de trous avec un bâton ou une binette pour y mettre les semis. Aucune tentative de labour ou de formation d'une couche spécifique de semis n'est vraiment faite.

- Abattage, brûlis et plantation : Cette méthode convient le mieux à des sols sablonneux qui sont naturellement peu serrés ou à d'autres sols ayant une bonne couche arable (peu serrée et s'effritant facilement) grâce à une longue période de friche qui produit l'humus du sol. C'est peut-être la seule méthode faisable en ce qui concerne les sols rocailleux ou ceux très en pente où le labour accélérerait l'érosion.

- Abattage, fumage (paillis) et plantation : Cette méthode convient aux mêmes conditions. La végétation est abattue ou tuée à l'herbicide et laissée ensuite sur le sol pour former un paillis (couverture protectrice). Les graines peuvent être plantées dans le sol ou peuvent être semées à la volée au-dessus du sol avant l'abattage. Le paillis est important pour le contrôle de l'érosion et des mauvaises herbes, la conservation de l'humidité du sol et le maintien de températures plus uniformes. L'Institut International pour l'Agriculture Tropicale (IITA) a trouvé ce système très bénéfique pour le maïs et les doliques et a mis au point deux types de planteuses manuelles capables de planter les graines au travers du paillis.

Il n'y a rien à reprocher à ces deux méthodes. Cependant, dans certains cas, le labourage et la formation de la couche de semis peuvent avoir certains avantages importants :

- Les sols susceptibles de souffrir de problèmes d'écoulement des eaux dûs à la topographie, aux conditions du sol ou à de fortes précipitations requièrent l'utilisation de couches surélévées ou de sillons pour une bonne production agricole (à l'exception du riz).

- Si un chaulage est nécessaire pour corriger l'acidité excessive du sol, il doit être soigneusement mélangé à la couche supérieure du sol (les premiers 15 à 20 cm) pour être vraiment efficace.

- Les engrais chimiques contenant du phosphore et du potassium ainsi que les engrais organiques doivent préférablement être incorporés à plusieurs centimètres de profondeur dans le sol pour une efficacité maximale. Avec des méthodes de non-labourage, ils peuvent être correctement appliqués en utilisant une binette ou un machete, mais cela représente beaucoup plus de travail. Les engrais chimiques contenant du phosphore sont plus efficaces s'ils sont appliqués aux cultures de référence sur une bande de 7,5 à 10 cm de profondeur parallèlement (à 5 ou 6 cm d'un côté) aux cultures. Un sillon peut être facilement fait pour l'engrais à l'aide d'une charrue en bois ou d'autre équipement à traction animale.

- Pour la plupart des planteuses à traction animale ou mécanique, la couche de semis doit être labourée pour la réussite de l'opération. Il y a toutefois des exceptions, telles les planteuses de l'IITA.

Méthodes utilisant
le labourage

Le labourage fait référence à l'utilisation d'équipement tiré par un animal ou un tracteur ou d'outils manuels pour travailler le sol et le préparer à la plantation ; il a cinq objectifs principaux :

- Pénétrer dans le sol pour l'aérer et favoriser la germination des graines, l'émergence des jeunes plants et la croissance des racines.
- Couper en morceaux et/ou enterrer les résidus de la culture précédente pour qu'ils n'interfèrent pas avec la nouvelle culture.
- Contrôler les mauvaises herbes (une couche de semis idéale est entièrement désherbée au moment de la plantation).
- Incorporer (mélanger au sol) des matières de chaulage et des engrais (chimiques ou organiques).
- Former le type de couche de semis convenant le mieux aux caractéristiques du sol, du climat et de la culture (couches surélevées, sillons, couches de semis plates).

Le labourage primaire fait référence à la pénétration initiale du sol par une charrue ou une grosse binette. La profondeur de labour varie généralement entre 15 à 30 cm, selon le type de charrue utilisée, sa méthode de traction et le sol. Par exemple, une charrue en bois tirée par un boeuf n'aura pas une pénétration aussi bonne qu'une charrue à versoir tirée par un tracteur, surtout dans des sols lourds.
Le labourage secondaire fait référence à toutes opérations supplémentaires de labour entre le labourage et la plantation visant à briser les mottes, couper les détritus, tuer les mauvaises herbes et aplanir la couche de semis. Il est couramment effectué à l'aide d'un type quelconque de herse (un outil utilisé pour pour pulvériser et aplanir le sol). Le labourage secondaire est moins profond que la plantation et requiert moins d'énergie. La formation de sillons ou de

buttes (pour une plantation surélevée) peut également faire partie de cette catégorie (buttage).

Systèmes de labour pour les cultures de référence

Les cultures de référence ont en commun plus ou moins les mêmes méthodes de labour, mais celles-ci varient selon le sol, l'équipement de labour disponible et le besoin d'incorporer au sol de la chaux ou de l'engrais. Il existe trois principaux systèmes de labour, chacun présentant des avantages et des inconvénients :

- Charrue (ou binette)/plantation : S'ils sont labourés à un niveau adéquat d'humidité, certains sols (terreaux et sables en particulier) peuvent être ensemencés avec une planteuse sans nécessiter de labourage secondaire pour briser les mottes. La plupart des sols peuvent être ensemencés manuellement après le passage de la charrue, l'exploitant ayant un meilleur contrôle sur la profondeur d'ensemencement qu'avec une planteuse mécanique. Il peut également repousser toutes les grosses mottes de terre ou les briser du pied lorsqu'il parcourt la rangée de plantation. Ce type rudimentaire de couche de semis est en réalité très avantageux en ce qui concerne les mauvaises herbes, la présence de mottes n'encourageant pas leur croissance. Il favorise également la pénétration de l'humidité et réduit l'écoulement. D'un autre côté, si le buttage ou la formation de sillons est nécessaire, on accomplira un meilleur travail si toutes les grosses mottes de terre sont d'abord brisées par le passage de la herse.

- Passage de la charrue/hersage/plantation : C'est le système le plus communément répandu lorsque des planteuses tirées par un animal ou un tracteur sont utilisées, à moins que le passage de la charrue suffise seul à pénétrer le sol. Si les conditions du sol favorisent la poussée des mauvaises herbes, la terre doit être hersée aussi près que possible du moment de la plantation pour donner à la culture une longueur d'avance sur les mauvaises herbes.

- Labour minimal : Les exploitants ayant accès à un équipement de labour tiré par un animal ou par un tracteur peuvent avoir tendance à trop labourer, en particulier par des passages répétés de la herse pour contrôler la nouvelle poussée de mauvaises herbes ou briser les mottes de terre. En travaillant le sol pour tuer la croissance d'une série de mauvaises herbes, on en stimule une autre en délogeant d'autres graines de mauvaises herbes qui viennent se placer plus près de la surface du sol. Un labour excessif stimule la décomposition microbienne de l'humus et peut détruire encore plus la bonne condition physique du sol en le pulvérisant trop. Le passage de

l'équipement, et le piétinement des animaux et des hommes rendent le sol plus compact, ce qui présente un problème en ce qui concerne la croissance des racines et l'écoulement des eaux de pluie.

Un labour est rarement excessif lorsque des outils manuels sont utilisés pour la préparation du sol pour les cultures de référence à cause du travail que cela représenterait. Les méthodes d'abattage/brûlis et d'abattage/paillis entrent dans la catégorie de non-labour, ainsi que les méthodes ayant recours à des planteuses spécialement adaptées pour ensemencer les graines dans un sol non-labouré (communes aux U.S.A.). Le système passage de la charrue/plantation décrit ci-dessus ou de passage de la charrue (tirée par une tracteur) et plantation simultanés sont des exemples de labour minimal. Les économies faites en ce qui concerne l'usure de l'équipement et le combustible constituent un avantage lorsque des tracteurs sont utilisés.

Finesse du labour et de la couche de semis

Le degré auquel les mottes de terre ont besoin d'être brisées dépend principalement du type et de la taille de la graine et est fonction également du type de plantation (manuelle ou mécanique).

1. Type de graine : Le maïs, le millet et le sorgho sont des monocotylédons et lorsque ces jeunes plants émergent, ils percent le sol sous la forme d'extrémité pointue. Ceci réduit la nécessité de briser les mottes de terre de la couche de semis. Less arachides et autres légumineuses sont des dicotylédons et émergent du sol d'un seul coup et en masse, entraînant avec eux les deux feuilles germinales. Les mottes de terre présentent là plus de problèmes.

2. Taille de la graine : Les grosses graines sont plus fortes que les petites, ce qui permet aux jeunes pousses de percer une couche de semis rudimentaire de façon plus efficace. Les graines de maïs sont de gros monocotylédons, ce qui leur permet de ne pas avoir de difficultés avec les mottes de terre. Les arachides et autres légumineuses ont de grosses graines, mais cet avantage est en partie compensé par le fait que ce sont des dicotylédons. Les petites graines du sorgho et surtout celles du millet sont moins fortes, mais ceci est compensé par le fait que ce sont des monocotylédons. Les petites graines ont besoin d'être plantées moins profondément que les plus grosses, et un sol rempli de mottes de terre ne

permet pas ce type de précision si des planteuses mécaniques sont utilisées.

3. Les exploitants peuvent généralement ignorer les mottes de terre d'une couche de semis si la plantation est faite manuellement. Ils ont un meilleur contrôle sur la profondeur de l'ensemencement et peuvent repousser sur le côté les grosses mottes de terre. De plus, il est très commun, lorsque la plantation se fait manuellement, de semer plusieurs graines par trou, ce qui leur donne une meilleure chance d'émerger.

Les sols argileux, surtout ceux faibles en humus, présentent généralement plus de mottes de terre après le passage de la charrue que les sols gras ou sablonneux. La plus grande partie du labour se fait à la fin de la saison sèche, lors que les sols sont très secs, ce qui accentue le problème. Lorsqu'il pleut après le passage de la charrue, le problème des mottes de terre peut être réduit de façon significative sur certains sols, les pluies cassant les mottes.

Profondeur de labour

Une profondeur de labour de l'ordre de 15 à 20 cm est généralement adéquate, et il est rarement nécessaire de labourer plus profondément. En fait, un labour peu profond est souvent recommandé dans des régions où les précipitations sont faibles, comme la région du Sahel, pour conserver l'humidité.

Dans certaines régions, des fouilleuses (de longues lames étroites pénétrant jusqu'à 60 cm dans le sol) tirées par un tracteur sont utilisées pour essayer de pénétrer dans les couches dures et résistantes (couches compactes). Les résultats sont plus ou moins satisfaisants, selon le type de couche dure ; celles dont l'argile est dense se recimentent souvent rapidement d'elles-mêmes.

Environ 65 à 80% des racines des cultures de référence se trouvent dans la couche végétale (supérieure) du sol, celle-ci étant plus fertile (grâce en partie à une meilleure teneur en matière organique) et moins compacte

que le sous-sol. Cependant, toute racine pénétrant dans le sous-sol peut utiliser les réserves d'humidité qui s'y trouvent, ce qui fera une grosse différence lors de périodes de sécheresse. Une bonne fertilisation de la couche supérieure du sol favorisera un développement beaucoup plus profond des racines. D'un autre côté, un écoulement des eaux inadéquat ainsi qu'une acidité excessive du sous-sol gênera ou empêchera la pénétration des racines.

Comment se débarrasser des résidus de récolte

Il y a trois principales façons de se débarrasser des résidus de la récolte précédente (tiges, feuilles, branches) lors de la préparation du sol : brûlis, enfouissement et fumage :

1. Brûlis - Celui-ci détruit la matière organique contenue dans les résidus, mais peut représenter la seule solution possible lorsqu'il n'existe pas d'équipement adéquat ou quand le temps manque.

2. Enfouissement - Les résidus sont coupés en morceaux à l'aide d'une herse à disque ou d'un fauchard et ensuite enfouis au passage de la charrue ; c'est une méthode communément utilisée dans une agriculture mécanisée.

3. Fumage - Les résidus sont coupés en morceaux et laissés sur le sol ; cette méthode présente certains avantages. Par exemple, elle réduit de façon considérable l'érosion du sol dûe aux précipitations et au vent ainsi que les pertes d'eau dûes à l'évaporation. Cependant, le fumage présente deux inconvénients qu'il faut considérer :

- Les résidus sont laissés sur le sol et peuvent gêner le passage d'équipement tel que planteuses, charrues et cultivateurs qu'ils peuvent obstruer.

- Le fumage n'est pas recommandé pour la culture des arachides, surtout dans les régions humides, car elles sont très sensibles à la pourriture de la tige (Schlerotium rolfsii), qui peut incuber sur des résidus non-brûlés et provenant de n'importe quelle plante. (voir le chapitre 6).

Traction animale/traction mécanique : certains facteurs dignes de considération à l'intention des petits exploitants

Dans les pays en voie de développement, l'utilisation du tracteur et de l'équipement qui lui est associé se

limite aux grosses exploitations et à des régions où le coût de la main-d'oeuvre est élevé. Le gros investissement qu'il représente, le coût du combustible et des réparations, ainsi que les conditions d'entretien d'un tel équipement sont tous des facteurs ne pouvant favoriser leur achat par de petits exploitants. Les pièces de rechange et les services de réparation font souvent défaut, et une panne peut être désastreuse. Une étude menée par l'ICRISAT sur les facteurs économiques de l'utilisation de tracteurs en Inde fait état de nouvelles données montrant une augmentation importante du rendement, de l'intensité de la récolte, une amélioration en ce qui concerne le calendrier de travail agricole ou d'importants rapports par hectare. L'argent est généralement mieux investi dans de l'équipement à traction animale, de meilleures graines, des engrais et d'autres apports extérieurs de bon rapport.

Cependant, l'utilisation d'un tracteur peut être justifiée dans deux cas :

- Un équipement à traction animale peut ne pas suffire aux besoins de production de l'exploitant de taille moyenne disposant de 5 à 20 hectares de terre. Dans ce cas, un équipement à petite puissance peut très bien convenir. Le programme de systèmes agricoles de l'Institut International pour l'Agriculture Tropicale (IITA) a mis au point une unité d'équipement multi-fonctionnelle avec un moteur de 5 cv qui peut ensemencer des cultures de plein champ sur trois rangées à l'aide d'une planteuse "à trou", prendre en remorque un chargement de 500 kg et se transformer en tracteur derrière lequel on peut passer pour un labour rotatif, la formation de sillons, l'abattage de la végétation et le labour des rizières. D'autres types d'unités à faible puissance sont disponibles auprès d'autres fabricants.

- Le petit exploitant peut parfois avoir avantage à louer le travail d'un tracteur au fur et à mesure de ses besoins au cours de périodes chargées quand sa main-d'oeuvre habituelle est insuffisante pour répondre à ses besoins.

Equipement fondamental de labour : charrues et herses

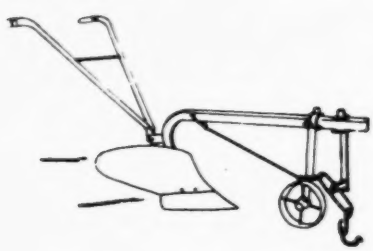
Outils manuels : L'emploi de grosses binettes peut très bien s'appliquer à de petits secteurs. Au Kénya, par exemple, presque toutes les petites parcelles de terre sont préparées de cette façon, bien qu'une famille moyenne ne puisse travailler plus de 0,5 ha de cette manière. Dans un climat humide-sec, le plus gros du travail de préparation de la terre se fait lorsque le sol est dur et sec, ce qui pose des problèmes supplémentaires pour l'emploi d'outils manuels. Certains services de vulgarisation recommandent de préparer la terre à la fin de la saison humide précédente avant que le sol ne sèche. Ceci n'est cependant pas toujours possible, à cause des cultures sur pied.

Une binette à grosse lame

Un type commun de charrue en bois. La plupart ont une pointe en fer pour réduire l'usure.

Charrue en bois : Le concept des charrues en bois date de plusieurs siècles. Elles sont souvent tirées par un animal et certaines sont munies d'une pointe en fer. Elles ne retournent pas le sol ni n'enfouissent les résidus de récolte ; elles font des sillons dans le sol. Leur efficacité est surtout fonction du type de sol et de l'humidité. Les sillons qu'elles forment peuvent également servir à l'ensemencement et à l'application d'engrais.

Charrue à versoir : C'est la charrue idéale pour retourner l'herbe, les cultures de fumier vert et les gros résidus de récolte tels que les tiges de maïs coupées en morceaux. Elle enterre également les graines de mauvaises herbes plus profondément et endommage les herbes vivaces plus que d'autres équipements. Les charrues à versoir sont disponibles en modèles à traction animale (généralement à lame unique) et à traction mécanique (généralement deux à six lames). Selon la taille de la charrue (largeur du versoir vu de devant ou de derrière) et la condition du sol, elles pénètrent de 15 à 22 cm dans le sol.



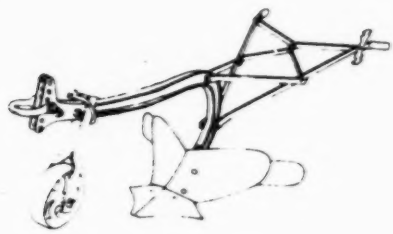
Une charrue à versoir. Le versoir est recourbé pour retourner la partie du sol coupée par le soc.

A moins d'être utilisés avec un dispositif de déclenchement à ressort, les versoirs ne sont pas adaptés à des sols rocailleux. Ils ne conviennent pas aussi bien à des régions plus sèches que les charrues à disque. Ils peuvent être difficiles à manier dans des sols argileux collants et peuvent former une couche résistante (couche fine et compacte pouvant gêner le développement des racines) s'ils sont utilisés à la même profondeur d'une année sur l'autre.

Charrue à disque : Mieux adaptée que le versoir à des sols durs, argileux, rocailleux ou collants, mais n'enfouit pas les résidus de façon aussi efficace. Ceci constitue un avantage dans les régions plus sèches où les résidus de surface réduisent l'érosion causée par le vent et l'eau ainsi que l'évaporation de l'humidité. Les charrues à disque ne sont pas recommandées pour la culture des arachides pour lesquelles la pourriture de la tige est un problème, les spores se réfugiant dans les résidus végétaux de surface. Elles ne sont pas très efficaces pour retourner les mottes d'herbe. Les charrues à disque sont disponibles principalement en modèles à traction mécanique. A l'inverse des charrues à versoir, elles sont moins suceptibles de former une couche résistance si elles sont utilisées à la même profondeur d'une année sur l'autre.

Charrues à buttoir (charrues à sillon). Elles consistent essentiellement en un double versoir rejetant le sol des deux côtés. Ce type de charrue produit une série de sillons alternant avec des buttes lorsqu'elle passe dans le champ. Selon le climat et le sol, la culture est soit ensemencée dans les sillons (dans les régions à faibles précipitations qui n'ont pas de problèmes d'écoulement) soit en haut des buttes (dans les régions à fortes précipitations ou celles ayant un problème d'écoulement des eaux de pluie). L'ensemencement en sillons dans les régions plus sèches présente l'avantage de conserver l'humidité pour les cultures

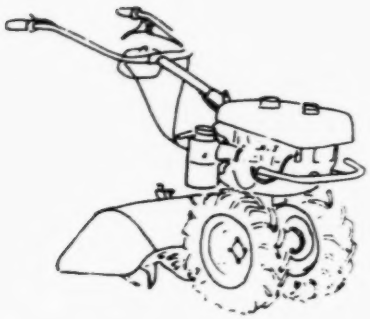
céréalières. La terre est rejetée dans la rangée de plantation au fur et à mesure que la saison progresse pour contrôler les mauvaises herbes ; cette méthode permet également aux racines de s'établir profondément dans le sol, là où l'humidité est plus adéquate. Un tel ensemencement en sillons n'est pas recommandé pour les arachides et souvent pas pour les haricots non plus, à cause des problèmes de pourriture des racines et de la tige.



Une charrue à buttoir ou charrue à sillons pour la formation de couches de semis surélevées ou de buttes.

Rotoculteurs (rotovators) :

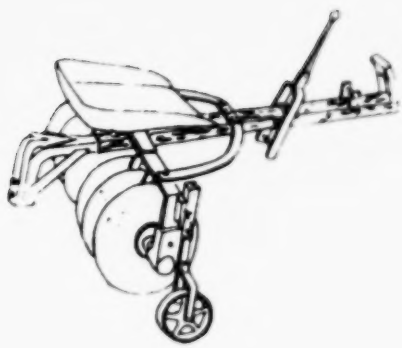
Ceux-ci sont disponibles en modèles à traction mécanique. Ils puvrisenle sol à fond et enfouissent partiellement les résidus de récolte. Les gros modèles peuvent être utilisés pour un travail de labourage à fond. Les inconvénients sont que la consommation du moteur est très importante et que le sol peut être aisément trop travaillé avec cette machine. En fait, les rotoculteurs font un travail de préparation de la couche de semis plus complet qu'il n'est nécessaire pour les cultures de référence et leur utilisation est plus adaptée à la culture de légumes.



Un rotoculteur ou rotovator. Remarquer les lames rotatives situées sous la hotte derrière les roues.

Herses à disques : Les herses à disques sont communément utilisées après le passage de la charrue pour briser les mottes de terre, désherber et aplanir le sol avant la plantation. Elles sont également utilisées pour couper en morceaux les gros résidus de récolte avant le passage de la charrue (surtout si une charrue à versoir ou à disque est utilisée), mais les plus gros modèles avec des disques striées (disques comportant de grandes dentures) sont les plus efficaces à cet effet. Elles sont disponibles en modèles à traction animale et mécanique mais leur coût est élevé et elles peuvent présenter de fréquents problèmes au niveau de l'essieu à moins d'être graissées périodiquement. Les plus gros modèles tirés par un tracteur sont souvent appelés charrues romaines et peuvent parfois remplacer la charrue. Les séries de disques sont décalées par rapport à la direction de travail si bien qu'ils peuvent couper, rejeter et

travailler les 7,5 à 15 premiers centimètres de sol mais tassent la terre située directement au-dessous. En fait, le passage répété de la herse avant la plantation peut durcir le sol davantage qu'avant le labour si cette opération se fait quand le sol est humide.

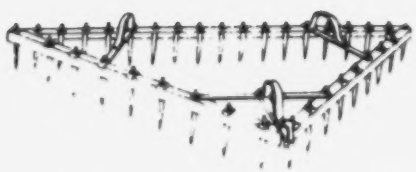


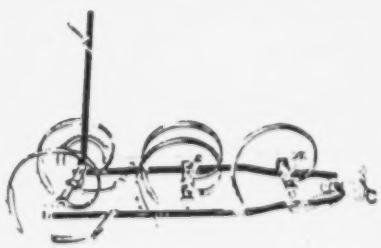
Herse à disque à traction animale.

Herses à dents : Celles-ci consistent en un cadre de métal ou de bois garni de pointes de fer ; l'addition de poids supplémentaire sous forme de pierres ou de tronçons de bois peut être nécessaire dans certaines conditions pour rendre cet équipement plus efficace. Elles sont utilisées pour aplanir la couche de semis et briser les mottes de terre (lorsque le niveau d'humidité est adéquat), et elles conviennent bien en particulier à la destruction des jeunes pousses de mauvaises herbes qui peuvent émerger avant la plantation.

Les herses à dents sont fabriquées en plusieurs largeurs et sont classées par ordre de poids et de longueur des dents. Dans certains cas, on peut passer ce type de herse au-dessus des cultures-mêmes après la plantation et jusqu'au moment où les jeunes plants ont quelques centimètres de hauteur pour contrôler la germination précoce des mauvaises herbes ou pour briser la croûte du sol. Tous débris laissés sur la surface du sol viendront obstruer les dents de la herse.

Herses à lames-ressorts : Ces herses sont munies de dents faites en acier à ressort qui creusent, soulèvent et travaillent les 7,5 à 10 premiers centimètres de terre, brisent les mottes de terre et aplanissent la couche de semis. Elles sont disponibles en modèles à traction animale ou mécanique. Elles ne conviennent pas à un sol dur et encombré de débris, mais peuvent s'adapter à un sol rocailleux.





Deux modèles
de herses à dents

Une herse à lames-ressorts

Cultivateurs de plein champ : Ils ressemblent aux charrues à lames, mais en plus petit. Ils peuvent être utilisés pour un labour initial sur un sol peu encombré de débris de surface, mais ils sont surtout utilisés pour un labour secondaire de désherbage. La plupart des modèles sont conçus pour être utilisé avec un tracteur.

(Pour tous renseignement supplémentaires relatifs à l'utilisation d'équipement à traction animale, se reporter au manuel Animal Traction (Traction Animale) publié par le U.S. Peace Corps - Technologies de Développement Appropriées, Série No.12, Peter Watson, 1981).

Forme du lit de semis

La forme du lit de semis la mieux adaptée dépend plus du climat et du type de sol que d'une culture de référence en particulier.

Lit de semis plat : Cette forme est utilisée quand l'humidité du sol est adéquate pour la croissance de la culture et quand il n'existe pas de problèmes d'écoulement des eaux. Dans de telles conditions, les cultures de référence sont souvent plantées sur une couche de semis plate, puis buttées (la terre est ramenée dans la rangée de plantation et buttée autour des plantes) au fur et à mesure que la saison progresse pour contrôler la présence des mauvaises herbes dans les rangées, assurer le maintien des plantes et améliorer l'écoulement des eaux. Dans les régions chaudes et humides où la pourriture de la tige constitue un problème, cette méthode n'est pas recommandée pour la culture des arachides.

Lits de semis surélevé (plantation en buttes ou en lits) : Dans des conditions de fortes précipitations et/ou d'écoulement inadéquat des eaux de surface, les cultures de référence sont souvent plantées sur des buttes ou couches surélevées pour qu'elles "ne se mouillent pas les pieds".

Cette méthode permet également de minimiser les problèmes de maladies originaires du sol telle que la pourriture des tiges et de contrôler l'érosion des eaux si les buttes suivent le contour du champ. L'infiltration des eaux est encouragée et leur écoulement est minimisé. De plus, la plantation en buttes rend plus facile l'accès d'outils de bêchage lorsque les arachides sont récoltées. Enfin, la culture bénéficie d'une couche végétale plus importante pour sa croissance lorsque ce système est utilisé. Le principal inconvénient de la plantation en buttes est la perte accélérée de l'humidité du sol à partir des buttes -- ce qui normalement ne présente pas un gros problème dans les régions humides, sauf au cours de périodes de sécheresse. Dans les régions plus sèches, un fumage peut être bénéfique. Dans les régions où la saison humide démarre lentement, les cultures peuvent être plantées à plat puis buttées au fur et à mesure que les pluies augmentent. L'irrigation en sillons ne peut se faire qu'avec une plantation en buttes.

Plantation en sillons : Dans des conditions de faibles précipitations ou de mauvaise rétention d'eau (par exemple, dans des sols sablonneux), les cultures sont souvent plantées au creux du sillon situé entre des buttes, où l'humidité du sol est plus importante. La terre peut être ensuite rejetée dans les sillons pour contrôler la pousse des mauvaises herbes dans les rangées de plantation et améliorer l'écoulement des eaux (si les précipitations augmentent) au fur et à mesure que la croissance de la culture progresse. Ce type de plantation au creux des sillons n'est pas recommandée pour les arachides dans les régions humides, car elle encourage les pourritures de la tige et des racines, surtout si la terre est rejetée dans la rangée de plantation.

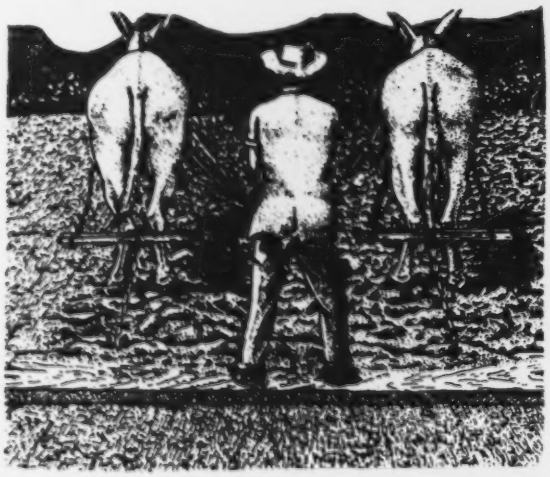
Note : Les exploitants locaux possèdent généralement une bonne expérience en ce qui concerne les couches de semis ; il faudra donc faire attention à ne pas trop vouloir changer certaines méthodes qui ont fait leurs.

preuves sans en considérer au préalable tous les aspects et sans procéder à certains essais.

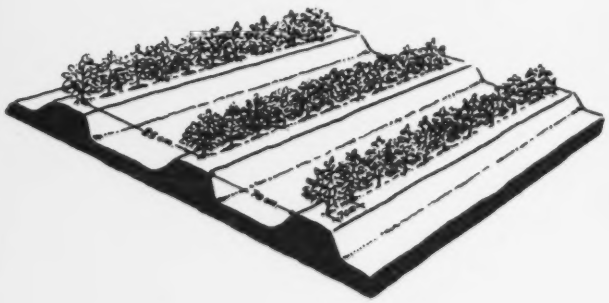
Equipement pour la formation des lits de semis

Les lits de semis plats ne nécessitent généralement aucuns efforts particuliers au-delà du passage de la charrue et peut-être de la herse. Si le sol a besoin d'être davantage aplani, le petit exploitant n'ayant pas accès à un équipement mécanique de nivellement peut accomplir un travail de préparation suffisant en faisant passer sur le champ une grosse planche tirée par deux animaux de trait.

Les buttes ou les lits de semis peuvent être faits à l'aide de binettes, de charrues à buttoir (voir la section traitant de l'équipement de labour) ou d'équipement de tassement à disques (muni de rouleaux disposés en angles opposés rejetant le sol pour former la couche de semis). La culture peut être plantée soit en haut des buttes soit dans les sillons, selon le sol et le climat.



Nivellement de la terre avec une planche



Haricots cultivés sur des lits de semis surélevés

RESUME : RECOMMANDATIONS
RELATIVES A LA PREPARATION
DU SOL POUR LES CULTURES
DE REFERENCE

La préparation du sol est une méthode très spécifique à l'emplacement géographique et varie selon le climat, le type de sol, la culture, le niveau de gestion et l'équipement disponible. Cette section résume les facteurs principaux déterminant le choix des méthodes de préparation de la terre et de la forme de la couche de semis les plus faisables et les mieux appropriées pour les cultures de référence :

1. Degré de finesse de la couche de semis (degré de préparation)

   • Les grosses graines du maïs et son émergence sous forme d'épis pointus lui permet, de toutes les cultures de référence, de réagir le mieux dans une terre remplie de mottes.

   • Une couche de semis rudimentaire (remplie de mottes de terre) décourage la croissance des mauvaises herbes et réduit l'érosion causée par le vent ou la pluie ; elle augmente également le niveau de rétention d'eau en réduisant l'écoulement des eaux.

   • Les cultures de référence peuvent tolérer une couche de semis plus rudimentaire lorsque la plantation se fait à la main que lorsque des planteuses mécaniques typiques sont utilisées.

   • Pour réduire le tassement du sol et autres effets dûs à un travail trop important de la terre, ainsi que pour diminuer les coûts de main-d'oeuvre, d'équipement et de combustible, il est préférable d'utiliser un labour minimal permettant une préparation adéquate de la couche de semis.

2. Profondeur de labour

   • Il n'existe vraiment aucun avantage à labourer à plus de 15 à 20 cm de profondeur.

• Un labour moins profond peut être recommandé dans les régions plus sèches pour réduire l'érosion du vent et les pertes d'humidité.

3. Disposition des résidus de récolte

• Il est particulièrement recommandé de laisser sur le sol les résidus de récolte dans les régions plus sèches, cette méthode réduisant les pertes d'humidité et l'érosion du vent. Elle permet également de réduire l'érosion causée par les précipitations et d'augmenter la rétention de l'eau.

• Pour la culture des arachides (et parfois celles des haricots), il est normalement recommandé d'enfouir complètement les résidus là où la pourriture de la tige (Sclerotium) présente un problème, car cette maladie peut incuber sur les résidus végétaux de surface.

• Avec les autres cultures de référence, les résidus de surface peuvent parfois aggraver certains problèmes d'insectes et de maladies.

4. Choix de l'equipement convenant le mieux

• La charrue à versoir est l'outil le plus efficace pour enfouir les résidus de récolte et les mottes d'herbe.

• La charrue à disque convient mieux à un sol dur, argileux, rocailleux ou collant que la charrue à versoir, mais elle n'enfouit pas les résidus de récolte et les mottes d'herbe de façon efficace.

• La charrue à lame convient mieux aux régions à faibles précipitations et laisse les détritus sur le sol. Elle est relativement peu efficace sur un sol humide.

• La herse à disque fait un meilleur travail sur une terre remplie de mottes que la herse à dents ou la herse à lames-ressorts, mais elle est plus onéreuse et plus susceptible aux problèmes mécaniques.

5. Forme de la couche de semis

• La plantation en buttes est recommandée pour toutes les cultures de référence dans des conditions de fortes précipitations et d'écoulement inadéquat des eaux de pluie.

• Une plantation à plat convient mieux aux sols bénéficiant d'un bon écoulement des eaux de pluie. La terre peut cependant être buttée dans la rangée de plantation au fur et à mesure que la croissance progresse pour contrôler l'écoulement des eaux de pluie si les précipitations augmentent.

de plantation au fur et à mesure que la croissance progresse pour contrôler la poussée des mauvaises herbes et améliorer l'écoulement des eaux de pluie si les précipitations augmentent.

• La plantation en sillons convient mieux à des régions de faibles précipitations car elle conserve l'humidité.

• Les arachides et les haricots sont particulièrement susceptibles à la pourriture des racines favorisée par une humidité excessive. Ils doivent être plantés soit à plat soit en buttes.

SELECTION DES GRAINES

Facteurs ayant une incidence sur la sélection de la variété

La sélection d'une variété de graine adaptée aux conditions locales et possédant un bon potentiel de rendement ainsi que des caractéristiques acceptables est un élément fondamental pour l'obtention d'une bonne production agricole. Il existe plusieurs caractéristiques associées aux diverses variétés qu'il faudra considérer lors de la sélection des graines :

1. Potentiel de rendement : Ce facteur est fonction de la vigueur inhérente naturelle de la graine ainsi que d'autres caractéristiques dont la liste se trouve ci-dessous.

2. Période de Temps nécessaire à la Maturité : Les variétés tombent dans trois principales catégories de maturité : précoce, moyenne et tardive (lorsqu'elles sont cultivées dans des conditions de températures similaires). Les variétés précoces produisent une récolte plus rapidement, mais leur rendement peut être 10 à 15% plus faible comparé aux types à maturité plus lente s'ils bénéficient tous deux d'une humidité adéquate. Cependant, les variétés précoces conviennent bien en particulier à une courte saison des pluies ou à une culture continue.

La température ayant une grande influence sur la longueur de croissance-même de la variété, certains pays comme les U.S.A. classent maintenant les variétés de maïs en termes de jours de croissance/degrés (unités totales de chaleur) requis pour atteindre la maturité plutôt qu'en terme de jours au calendrier.

3. Adaptation à l'elévation : Cé facteur a à voir avec la période de maturité d'une variété ainsi qu'avec sa capacité de croissance à diverses altitudes et températures. Dans des régions présentant d'importantes variations d'altitude, comme l'Amérique centrale, la région des Andes et l'Ethiopie, les variétés de maïs et de sorgho sont classées selon leur adaptation à l'altitude (par exemple, 0-1.000 m, 1.000-1,500 m, etc...) ; un système similaire peut également être utilisé pour les haricots et autres légumineuses.

4. Tolérance à la chaleur ou au froid : Les variétés varient dans leur niveau de tolérance à une chaleur ou un froid excessifs.

5. Tolérance à la sécheresse : Mêmes des variétés d'une même culture peuvent varier considérablement à cet égard. Dans un essai sur le maïs mené en 1978 par le Centre International pour l'Amélioration du Maïs et du Blé (CIMMYT), une variété sélectionnée pour sa tolérance à la sécheresse a produit, dans des conditions de manque important d'humidité, un rendement de 64% supérieur à celui de la meilleure variété cultivée sous irrigation.

6. Résistance (tolérance partielle) aux insectes, maladies et nématodes, ainsi qu'aux ravages des oiseaux et aux problèmes de sol tels une acidité excessive et des niveaux insuffisants de phosphore. Les variétés des cultures de référence peuvent varier considérablement en ce qui concerne leur tolérance à ces problèmes, qui constituent certaines des préoccupations majeures du travail de recherche agricole.

La résistance à la verse (quand le maïs est couché par le vent) est également une importante considération en ce qui concerne la sélection d'une variété de maïs.

7. Habitudes de croissance et autres caractéristiques des plantes : Par exemple, les variétés de haricots peuvent être du type buissonnant, semi-grimpant ou grimpant en ce qui concerne leurs habitudes de croissance ; le millet varie dans ses caractéristiques de tallage et le sorgho dans son potentiel à pousser des rejetons après le recépage (voir pages 65-67).

La hauteur de la plante et la proportion de feuilles par rapport à la tige varient également selon les variétés.

8. La sensibilité par rapport à la longueur du jour (photosensibilité) varie considérablement parmi les variétés de sorgho et de millet (cf. page 57).

9. Couleur, forme, taille, entreposabilité de la graine, etc...

Variétés Traditionnelles Vs. Variétés Améliorées

Lors de la sélection d'une variété, il est important de comprendre les différences qui existent entre les variétés traditionnelles, hybrides, synthétiques et autres variétés améliorées.

1. Variétés traditionnelles (locales) : Leur rendement a tendance à être relativement faible, mais ce sont généralement des variétés résistantes tolérant bien les problèmes d'insectes et de maladies locales. Cependant, elles sont pour la plupart adaptées à de faibles niveaux de fertilité du sol et de gestion et ne réagissent souvent pas aussi bien que les variétés améliorées à l'apport d'engrais et autres méthodes de culture améliorée. Les variétés indigènes de maïs, de sorgho et de millet ont tendance à avoir une proportion trop élevée de feuilles et de tige par rapport au grain, mais ceci peut constituer un avantage là où le bétail joue un rôle important.

   En dépit de certains inconvénients, les variétés locales peuvent constituer le meilleur choix possible dans certaines situations. Au cours des premières années du projet de culture du maïs Puebla au Mexique (cf. page 102), certaines variétés locales produisaient constamment un meilleur rendement que celles sur lesquelles les chercheurs travaillaient.

2. Un hybride est un type de variété améliorée produit en croisant deux lignes naturelles de culture ou plus. Ceci est relativement facile à faire en ce qui concerne le maïs et le sorgho, et un certain nombre d'hybrides sont disponibles pour ces deux cultures. La mise au point d'hybrides chez les arachides, les haricots et autres légumineuses s'avère plus difficile, et ils ne sont pas encore généralement disponibles. La recherche sur le millet en est encore à ses débuts et il est encore trop tôt pour que l'importance des hybrides soit reconnue.

Dans des conditions de cultures analogues, un hybride adapté peut produire un rendement de 15 à 35% supérieur à celui des variétés les mieux adaptées et normalement produites, mais ce n'est pas toujours le cas.

En dépit de ces avantages possibles de rendement amélioré, les hybrides présentent plusieurs inconvénients :

- A la différence des variétés naturellement produites, la graine récoltée d'un hybride ne doit pas être replantée par l'exploitant. S'il est ré-ensemencé, un hybride commence à se dégénérer et revient aux lignes originelles (généralement moins désirables) à partir desquelles il a été mis au point. Les rendements peuvent baisser de 15 à 25% par récolte successive. Un grand nombre de petits exploitants n'ont ni le désir ni les capitaux nécessaires à l'achat de nouvelles graines pour chaque plantation à moins que des arrangements spéciaux et des efforts d'éducation ne soient faits.

- La graine d'hybride peut être plusieurs fois plus onéreuse que celles d'autres types.

- Les hybrides requièrent une bonne gestion sans laquelle ils peuvent ne pas produire beaucoup plus que les autres types.

- Les hybrides ont une capacité plus étroite d'adaptation à diverses conditions de culture que d'autres variétés ; il est par conséquent plus difficile de trouver un hybride qui convienne. On estime qu'il a fallu mettre au point 131 hybrides différents pour convenir aux diverses conditions de culture du maïs aux U.S.A.

3. Les matières synthétiques sont des variétés améliorées qui ont été mises au point à partir d'une pollinisation croisée de lignes (pollinisées naturellement sans spécifications comme pour les hybrides). Ces lignes sont d'abord testées pour leur capacité à se combiner, puis croisées dans toutes combinaisons possibles. Les variétés synthétiques produisent souvent un rendement aussi bon que celui des hybrides dans des conditions de petite exploitation et elles présentent plusieurs avantages par rapport aux hybrides :

- Elles disposent d'une plus grande variabilité génétique que les hybrides, ce qui les rend plus adaptables à différentes conditions de culture.

- Leur graine est moins chère que celles des hybrides.

- A la difference des hybrides, la graine récoltée à partird'une variété synthétique peut être replantée sans qu'elle ne perde de sa vigueur tant que l'exploitant est disposé à la sélectionner à partir des plantes présentant les meilleures caractéristiques.

4. Variétés améliorées par sélection en masse : C'est là la forme la plus élémentaire d'amélioration des variétés et consiste en un croisement naturel entre les lignes sans essayer de tester leur capacité de combinaison (comme pour les synthétiques) et en une sélection continue des graines provenant de plantes présentant la meilleure combinaison des caractéristiques désirées. Même si les rendements peuvent ne pas être aussi élevés que ceux des hybrides ou des synthétiques, la graine est meilleur marché et peut également être replantée.

Recommandations principales pour la sélection des graines de qualité

La qualité de la graine peut être influencée par plusieurs facteurs :

1. Pureté de la variété : Les exploitants utilisant les graines qu'ils ont eux-mêmes récoltées pour les replanter peuvent être raisonnablement certains de la pureté des graines, surtout avec des cultures qui se pollinisent naturellement d'elles-mêmes (millet, sorgho, arachides, pois sauvages, haricots et la plupart des autres légumineuses). Le maïs étant pollinisé par croisement, il peut être "contaminé" par d'autres variétés voisines de maïs. Cette possibilité peut être minimisée si l'on sélectionne les graines destinées à être replantées parmi les plantes situées vers le milieu du champ.

Les graines commerciales peuvent présenter ou non un bon degré de pureté de la variété ; cela dépend de leur source et des normes du pays en ce qui concerne les graines commerciales. Dans certaines régions, des graines certifiées sont disponibles dont la pureté génétique est garantie et dont la germination a été testée.

2. La germination et la vigueur dépendent surtout de l'âge de la graine et des conditions dans lesquelles elle a été entreposée. Des températures élevées et une humidité importante, ainsi que les dégâts causés par les insectes (charançons, etc..) peuvent réduire de façon significative la germination ainsi que la vigueur d'une graine. Une graine certifiée est normalement étiquetée basée sur un pourcentage de germination verifié, mais les conditions d'entreposage après le test peuvent lui faire perdre cette garantie. Il faudra encourager les exploitants à procéder à leur propres tests de germination (cf. page 156) avant de planter toute graine, quelqu'en soit l'origine.

3. Caractéristiques visuelles : Une graine présentant des traces de moisissure, des dégâts d'insectes ou des craquelures, ainsi qu'une graine rapetissée ou recroquevillée est à éviter.

NOTE IMPORTANTE : Les haricots, le soja et les arachides écalées sont très susceptibles aux dégâts dûs à une manipulation trop brutale des graines sèches lors de la récolte, la manutention et l'expédition. Il suffit de laisser tomber un sac de haricots sur une surface en ciment pour les endommager. L'enveloppe de la graine ainsi que la graine-même craquent très facilement ; une manipulation peu soigneuse peut également causer des dégâts invisibles. Dans les deux cas, ces dégâts peuvent résulter en la croissance de jeunes plants malformés, chétifs ou manquant de vigueur.

4. Les impuretés, comme les graines de mauvaises herbes ; ce facteur constitue davantage un problème pour les cultures dont les graines sont petites, comme le millet et le sorgho, pour lesquels la séparation est plus difficile.

5. Les maladies originaires de la graine : Certaines maladies, comme l'anthracnose, peuvent présenter des symptomes visibles sur les graines contaminées, alors que ce n'est pas le cas pour d'autres. Les graines certifiées, si elles sont cultivées selon les procédures adéquates d'inspection et d'élimination (élimination des plantes contaminées), sont débarrassées de certaines maladies originaires de la graine et sont particulièrement recommandées pour les haricots, si elles sont disponibles. Certaines maladies fongueuses communes sont portées par la surface de l'enveloppe de la graine et peuvent être contrôlées avec l'application d'un fongicide sur la graine ; d'autres (surtout les maladies virales), sont internes et ne peuvent être contrôlées (cf. Chapitre 6).

Comment sélectionner une graine domestique

La plupart des exploitants qui n'utilisent pas d'hybrides mettent de côté une certaine partie des graines récoltées pour les planter à la saison suivante. Cette méthode ne présente aucun problème tant que la variété convient, que les méthodes d'entreposage sont adéquates et que les maladies originaires des graines ne constituent pas un problème. S'ils se conforment aux directives suivantes, les exploitantes peuvent parfois même améliorer les variétés qu'ils utilisent ou au moins prévenir une baisse de production :

1. La sélection des graines doit se faire quand la culture est encore sur pied : La plupart des exploitants attendent que la récolte soit faite pour sélectionner les graines qu'ils vont replanter et se fient surtout à la taille de la graine ou de l'épi. On ne gagne pas grand chose à sélectionner la graine de maïs en fonction de la taille des épis. La raison en est que la taille de l'épi peut être dûe moins aux qualités génétiques inhérentes de la plante qu'à certains facteurs d'environnement ou de gestion comme la fertilité, la densité de plantation et l'humidité.

2. Lors de la sélection de plantes comme sources potentielles de graines, il ne faudra pas oublier les caractéristiques importantes de la plante favorisant un bon rendement :

   - Caractéristiques générales : Résistance aux maladies, aux insectes, à la sécheresse et aux nématodes ; vigueur de la plante en général, proportion de tige et de feuilles par rapport aux grains, et temps de croissance pour parvenir à la maturité.

   - Pour le maïs : Résistance à la verse, dimension et degré d'imperméabilité de l'enveloppe de l'épi (pour la résistance aux insectes, aux oiseaux et à la pénétration de l'eau), et le nombre d'épis bien formés par plante.

     Lors de la sélection de plantes de maïs, il faudra procéder à partir des plantes situées vers le milieu du champ pour éviter tout problème de pollinisation par croisement.

3. Marquer les plantes sélectionnées (les entourer d'un bout de tissu ou les marquer d'un piquet).

4. Recommandations supplémentaires relatives au maïs : Quand on choisit les graines parmi les bons épis après la récolte, les différences physiques telles que le nombre de rangées de graines sur l'épi, leur taille et le degré de remplissage aux extrémités de l'épi n'ont guère de valeur en ce qui concerne l'indication d'un potentiel de rendement. Cependant, il est préférable de ne pas sélectionner les graines très petites et malformées situées aux extrémités de l'épi. Vérifier également l'uniformité de la couleur de la graine et l'absence de dégâts causés par les insectes.

Comment procéder
à un essais de germination

Il faudra encourager les exploitants à procéder à des tests de germination sur les graines avant de les planter, quelqu'en soit la source. Cela est également vrai pour les travailleurs des services de vulgarisation qui reçoivent des envois de graines améliorées. Les valeurs de germination apparaissant sur l'étiquette des graines peuvent ne pas être exactes même si les tests ont été faits récemment. Les conditions chaudes et humides des tropiques peuvent faire baisser rapidement le taux de germination. Pour procéder au test :

- Prendre 100 graines et les placer sur plusieurs couches de papier journal humide. Les étaler suffisamment pour pouvoir distinguer celles qui ont germé.

- Enrouler les graines en les pressant bien dans le papier en prenant garde qu'elles restent séparées les unes des autres. Les placer dans un sachet plastique ou ré-humidifier le papier régulièrement pour l'empêcher de sécher.

- Le délai de germination dépendra de la température, mais vous devriez pouvoir observer la germination dans les trois à cinq jours suivants à moins qu'il ne fasse particulièrement froid. Une bonne graine aura un taux de germination d'au moins 80 à 85% dans ces conditions. On peut, jusqu'à un certain point, compenser un faible taux de germination en plantant davantage de graines, mais au-dessous de 50% environ, la vigueur d'un jeune plant peut également pâtir.

Il est bon, quand cela est possible, de compléter ce type d'essai avec un essai de plantation sur le terrain-même, les conditions du sol n'étant pas toujours idéales. Planter 50 à 100 graines, maintenir le sol dans des conditions d'humidité adéquate et compter le nombre de plantes qui émergent. Si la germination est bien plus faible qu'avec la méthode du papier journal, essayer d'identifier les problèmes et de les résoudre (ils peuvent provenir des insectes ou des graines).

PLANTATION

Les objectifs d'une plantation réussie

Quand ils procèdent à la plantation, les exploitants doivent accomplir quatre objectifs de façon à promouvoir un bon rendement agricole :

1. Parvenir à une bonne densité (population) de plantes. Cela requiert une graine avec une bonne capacité de germination, une préparation adéquate de la terre, une humidité suffisante du sol, une bonne calibration (réglage) de la planteuse si une planteuse mécanique est utilisée, une bonne profondeur de plantation et le contrôle des insectes et maladies originaires du sol qui peuvent s'attaquer aux graines et aux jeunes plants. Dans certaines régions, les oiseaux et les rongeurs peuvent également consituer un problème.

2. Parvenir à l'espacement des plantes désiré à la fois dans la rangée-même et entre les rangées.

3. Se conformer au calendrier de préparation de la terre et de plantation. Le moment convenant le mieux à la plantation dépend des caractéristiques de la culture (par exemple, les arachides devront être plantées de façon à ce que la récolte puisse se faire quand le temps est raisonnablement sec), de l'arrivée des pluies et du schéma général des précipitations, de l'influence, si c'est le cas, de la date de plantation sur les problèmes d'insectes et de maladies telles que la moisissure de l'épi du sorgho.

4. Utiliser la couche de semis appropriée au type de culture, de sol et de climat (voir page 144).

Méthodes et équipement de plantation

1. Plantation à la main avec un plantoir, une binette ou un machete : C'est la méthode la plus communément utilisée par les petits exploitants dans les pays en voie de développement.

Avantages

- Les coûts d'équipement sont négligeables.

- La préparation de la couche de semis peut être plus rudimentaire qu'avec la plupart des planteuses mécaniques. L'exploitant qui plante à la main peut repousser sur le côté les grosses mottes de terre au fur et à mesure qu'il passe dans les rangées ou il peut planter directement dans un sol non-labouré.

Inconvénients

- Les besoins en temps de travail et en main-d'oeuvre sont élevés : il faut trois ou quatre personnes/jour pour planter un hectare à la main.

- Avec une plantation manuelle, les exploitants placent généralement plusieurs graines par trou et espacent davantage les trous, en partie pour économiser sur la main-d'oeuvre. Cette méthode peut souvent réduire la production car elle entraîne un taux de germination d'ensemble trop faible et une concurrence trop importante parmi les plantes qui émergent du même trou.

2. Améliorations de la plantation manuelle

- Des planteuses manuelles, mécaniques ou "perceuses de trous" sont disponibles ; elles font les trous de plantation et y laissent tomber les graines en une seule opération (la graine est automatiquement comptée à partir d'un réservoir). Elles s'opèrent comme un plantoir ordinaire (fiché dans la terre) mais sont beaucoup plus rapides et sont également très utiles pour remplir des espaces oubliés (laissés libres) dans les champs plus grands. Un hectare de maïs peut être ensemencé en 15 à 20 personnes/heure. Les programmes de systèmes agricoles de l'IITA au Nigéria a mis au point une planteuse convenant particulièrement bien à la plantation de maïs, sorgho, pois sauvages, haricots et soja dans un sol non-labouré. Elle est également capable de planter au travers d'un paillis séché. La planteuse de l'IITA peut être construite dans un atelier ayant accès à des cisailles à métal (aucune soudure n'est nécessaire). D'autre types de planteuses "à trous" sont disponibles commercialement dans certains pays.

- Planteuse poussées à la main : La plupart des modèles requièrent une couche de semis relativement travaillée et débarrassée de ses mottes de terre pour fonctionner de façon satisfaisante. Cependant, le programme des systèmes agricoles de l'IITA a mis au point une planteuse très efficace munie d'un rouleau (appelée planteuse à injection rotative, voir l'illustration), qui peut être fabriqué dans n'importe quel atelier possédant des outils de

(soudage et de cisaillement du métal. Cette machine est maintenant fabriquée par Geest Overseas Mechanization Ltd., West Marsh Road, Spalding, Lincolnshire PE11-2BD, Angleterre (son coût est d'environ 225 U.S.dollars). La planteuse à injection rotative utilise les mêmes principes que la planteuse "à trous" manuelle, mais elle est munie d'un dispositif d'injection à six trous monté sur roue ainsi que d'un rouleau à l'arrière permettant de tasser le sol de la rangée de plantation. Le modèle standard produit un espacement de 25 cm, mais les rouleaux peuvent être construits pour donner différents espacements. La planteuse à injection rotative est également disponible en modèle tiré à la main et pouvant travailler sur quatre rangées pour la plantation directe de riz.

- Plantation manuelle dans des sillons tracés par un équipement de traction animale ou mécanique : Une charrue en bois, une lame de cultivateur ou autre outil peut être utilisé pour tracer des sillons de plantation dans un sol labouré. Si l'on suit certaines précautions, l'engrais peut être appliqué dans le même sillon (voir chapitre 5).

- Des rangées de culture relativement parallèles sont nécessaires si un désherbage doit être fait avec un cultivateur tiré par un animal ou par un tracteur. Les exploitants peuvent facilement contruire un "traceur" de rangées parallèles consistant en un cadre de bambou ou de bois muni de dents en acier ou en bois dur pour tracer les rangées. (On trouvera le dessin de cet instrument très pratique dans le manuel du Peace Corps Traction Animale).

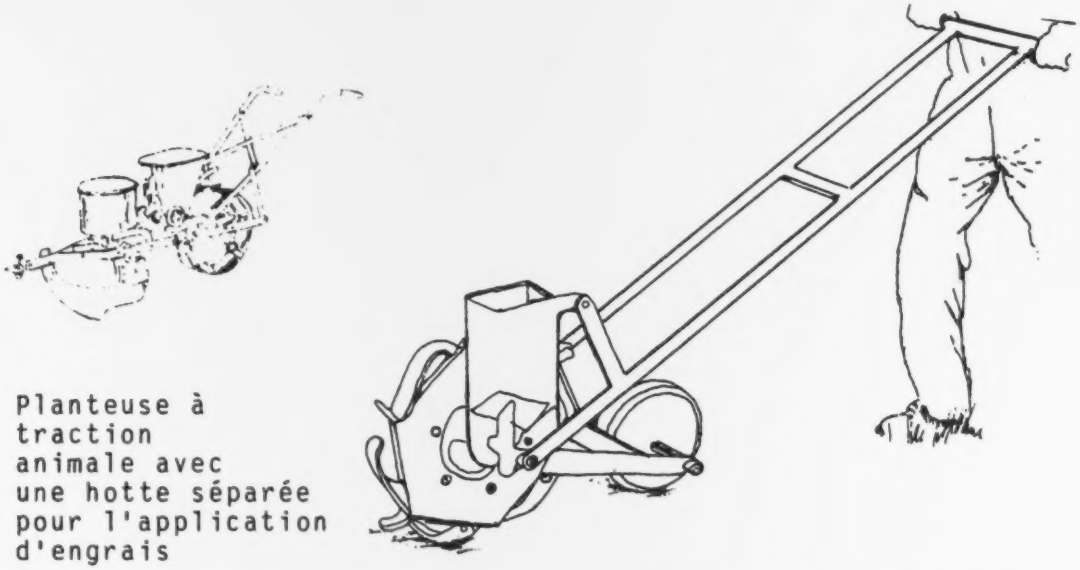
- L'exactitude de l'espacement des semences peut être améliorée en plaçant un cordeau ou une chaîne marquée à intervalles de noeuds ou de peinture le long de la rangée de plantation pour indiquer l'espacement adéquat. Les exploitants commettent souvent des erreurs d'intervalle quand ils utilisent des plantoirs ou quand ils sèment à la main dans un sillon labouré.

3. Des planteuses à traction animale ou mécanique sont disponibles en de nombreux modèles différents. Un exploitant qui utilise une planteuse tirée par un animal pour l'ensemencement d'une rangée à la fois peut ensemencer environ 1 à 1,5 ha en une journée et environ 5 à 8 ha s'il utilise une planteuse à traction mécanique pouvant ensemencer deux rangées à la fois.

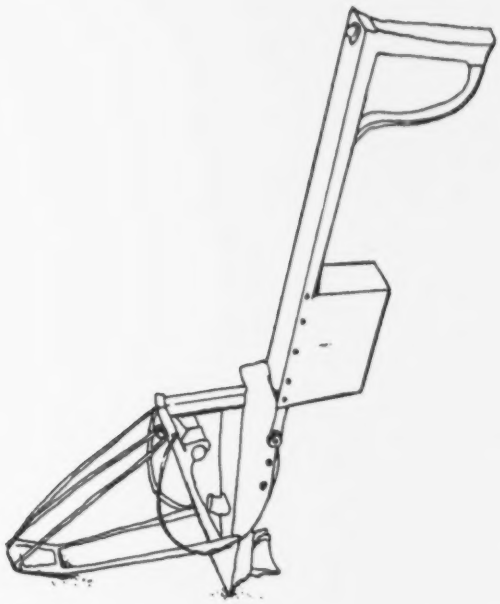
   Il est important de considérer les facteurs suivants relatifs à ces types de planteuses :

- La plupart des planteuses mécaniques requièrent une préparation plus minutieuse de la couche de semis qu'il

n'est nécessaire pour une plantation manuelle. Certains modèles sont équipés de dispositifs spéciaux d'ouverture du sol permettant un bon fonctionnement de la machine sur un sol dur ou rempli de mottes de terre.



Planteuse à traction animale avec une hotte séparée pour l'application d'engrais



Planteuse à rouleaux mise au point par l'IITA disponible commercialement. Elle peut également être construite en atelier.

Planteuse manuelle "à trous" mise au point par l'IITA. Elle peut être construite en atelier. Le dispositif métallique qui lui est rattaché tasse le sol au-dessus des semis et espace l'insertion de graines suivante.

Applicateur d'engrais en bandes poussé à la main. Ce modèle place l'engrais au-dessous de la surface du sol, ce qui est essentiel pour les engrais contenant du phosphore. Le dispositif à gauche de l'image est utilisé pour refermer le sillon mais n'est généralement pas nécessaire.

- L'exploitant doit pouvoir calibrer (régler) la planteuse de façon à ce qu'elle laisse tomber les semis au bon intervalle le long de la rangée (cf. page 175).

- Certains modèles sont équipés de dispositifs accessoires pour l'application d'engrais en bandes sous le sol et légèrement décalée sur le côté par rapport à la rangée de semis. C'est là une méthode particulièrement efficace pour les engrais contenant du phosphore.

  Les exploitants utilisant des planteuses sans applicateurs d'engrais appliquent souvent l'engrais à la volée et le retourne ensuite au passage de la charrue avant la plantation ou le laisse au-dessus du sol ; cette méthode ne doit pas être utilisée avec des engrais contenant du phosphore! Il faudra encourager les exploitants qui font l'achat de planteuses mécaniques à acheter également un accessoire pour l'application d'engrais si celui-ci est disponible et efficace. (NOTE : L'applicateur ne doit pas laisser l'engrais s'écouler sur le sol ou le mettre en contact direct avec la graine).

Population et espacement des plantes

La population ainsi que l'espacement des plantes affectent le rendement des cultures de référence, et les travailleurs des services de vulgarisation doivent comprendre ces relations.

Population des plantes et ses effets sur le rendement des cultures

- Les rendements agricoles augmenteront avec la population des plantes jusqu'à ce que la concurrence pour la lumière du soleil, l'eau et les éléments nutritifs devienne trop importante.
- Une population excessive réduit le rendement, encourage les maladies et augmente de façon sérieuse la verse du maïs, du sorgho et du millet en promouvant la faiblesse et la minceur des tiges.
- Une population trop faible réduit le rendement à cause de l'espace inutilisé et des limitations sur le rendement maximal par plante.
- Dans la plupart des conditions, des changements dans la population des plantes n'affecteront pas les rendements autant qu'on peut s'y attendre. La raison en est que la plupart des cultures ont une capacité tampon qui leur est inhérente, surtout si la population est trop faible. Dans ce cas, les plantes réagissent en effectuant des changements en faveur du rendement : tallage accru (millet, sorgho), croissance de branches (arachides, autres légumineuses), davantage de cosses ou d'épis par plante ou des épis plus grands. Chez le maïs, une densité de plantation de 40% au-dessous du niveau optimal pour les conditions données peut réduire le rendement de 20% seulement.
- Les changements dans la population des plantes ont un effet plus prononcé dans des conditions de stress d'humidité.

Quelle est la population des plantes idéale?

Il n'existe pas de réponse facile à cette question, la densité des plantes optimale dépendant de plusieurs facteurs :

- Type et variété de culture : A cause des différences de taille et d'architecture des plantes, les cultures et leurs variétés varient en ce qui concerne leur niveau de tolérance à une densité accrue de population. Par exemple, les variétés de maïs à maturité précoce sont généralement plus courtes et plus petites que celles à maturité tardive et par conséquent peuvent bénéficier d'une densité de plantation plus élevée. Les haricots et les pois réagissent bien à une densité de plantation trois à quatre fois plus élevée que celle du maïs, car la taille des plantes est plus petite et leurs habitudes de croissance favorisent une meilleure interception de la lumière.

- Présence d'humidité dans le sol : La densité optimale de plantation varie directement en fonction des précipitations et de la possibilité de stress d'humidité. La population des plantes a un effet plus important sur les rendements dans des conditions de faible humidité que lorsque celle-ci est adéquate. La raison en est qu'une densité accrue augmente la consommation d'eau, bien que l'espacement des plantes puisse faire une différence. Ceci est particulièrement vrai en ce qui concerne le maïs et le sorgho, les rendements pouvant être grandement réduits par une augmentation relativement faible de la population des plantes lorsque celles-ci sont cultivées dans des conditions de stress d'humidité.

- Présence d'éléments nutritifs : Une fertilité adéquate du sol est particulièrement essentielle avec une forte densité de population. En fait, la réaction aux engrais est souvent décevante lorsque la population des plantes est trop faible pour les conditions données. C'est là en fait une des raisons principales pour lesquelles les petits exploitants n'en ont pas pour leur argent lorsqu'ils achètent des engrais. Un épi de maïs n'ira pas au-delà d'une certaine taille et même une concentration plus importante d'engrais ne compensera pas un nombre trop petit d'épis produits par un petit nombre de plantes.

- Facilité d'entretien : De fortes densités de population requièrent une plus grande fertilité et humidité du sol ainsi qu'une meilleure gestion d'ensemble.

Espacement des plantes et son effet sur le rendement des cultures

Les cultures de référence sont cultivées en rangées de plantation pour de bonnes raisons. La disposition en rangées

permet un désherbage plus rapide et plus facile et facilite la plupart des autres travaux agricoles. La culture en rangées laisse un espace pratique pour le passage d'équipement, des animaux et des hommes et permet une facilité de mécanisation et de manipulation, quel que soit le niveau de sophistication. La distribution d'une certaine population de plantation dans un champ implique l'espacement des plantes dans la rangée même, ainsi que la distance entre les rangées (largeur de rang).

Espacement des plantes dans une même rangée : Le nombre de graines qu'il faudra planter par mètre ou par pied de rangée dépendra entièrement de la densité de population et de la largeur de rangée qui auront été retenues selon les recommandations. La considération principale est alors si la plantation doit être faite en buttes ou en lignes. Dans une plantation en lignes, les planteuses mécaniques laissent tomber les graines une à une le long de la rangée de plantation. Les petits exploitants qui plantent leurs cultures à la main utilisent généralement la plantation en buttes et plantent plusieurs graines par trou, laissant un espace assez important entre les trous. Cette méthode réduit le temps de travail ainsi que la main-d'oeuvre et peut également améliorer l'émergence des jeunes plants quand la surface du sol forme une croûte, mais elle peut faire diminuer quelque peu le rendement, car la surface de culture n'est pas utilisée de façon efficace et la concurrence est augmentée entre les plantes d'une même butte en ce qui concerne l'accès à la lumière du soleil, à l'eau et aux éléments nutritifs.

Largeur de rangée : L'espace entre les rangées de plantation est déterminé en fonction du type d'équipement utilisé ainsi que de la taille des plantes ou "envergure". L'utilisation d'équipement à traction animale ou mécanique requiert un espace plus important entre les rangées de plantation (une plus grande largeur de rangée) que lorsque

seuls des binettes et des vaporisateurs portés sur le dos sont utilisés. Les haricots peuvent être espacés en rangs plus étroits que le maïs ou d'autres grandes cultures tout en pouvant être désherbés avec un cultivateur tiré par un animal sans pour cela piétiner les plantes. La largeur de la rangée influence le rendement agricole de quatre façons:

- Avec une largeur de rangée plus étroite, les plantes peuvent être plus espacées les unes par rapport aux autres tout en conservant la même population. Cela permet, dans une certaine mesure, de lutter contre les mauvaises herbes d'une manière plus efficace, étant donné que l'apport d'ombre par la culture entre les rangées se fera plus tôt et de manière plus efficace.

- Des rangées plus étroites permettent une population de plantation plus importante sans que celle-ci soit trop dense.

- Avec une rangée plus large, les plantes doivent être plus rapprochées dans la rangée de plantation de façon à conserver la même population. Cela peut faire baisser le rendement.

Faut-il encourager l'utilisation de rangées de plantation plus étroites? Il faudra considérer les apects suivants :

1. Si l'on passe de 75 cm à 100 cm de largeur pour le maïs et le sorgho, on peut faire augmenter le rendement de 5 à 10% lorsque la population totale de plantation demeure constante.

   S'ils sont cultivés seuls, les haricots et les doliques buissonnants sont généralement plantés en rangées étroites (45 à 60 cm) par la plupart des petits exploitants. Dans de bonnes conditions de gestion et de rendement, la plupart des études qui ont été menées n'ont pas trouvé qu'il était beaucoup plus avantageux de réduire la rangée de plantation pour les arachides au-dessous de 75 à 100 cm. Etant données les conditions d'humidité marginale dans lesquelles le millet est cultivé, il est improbable que des largeurs de rangées inférieures à 75 à 100 cm soient préférables.

2. Largeur de rangée et utilisation de l'humidité : Bien que des rangées plus étroites fassent diminuer l'évaporation de l'eau à partir de la surface du sol, grâce à un apport

d'ombre sur le sol plus important et plus précoce, cet avantage est souvent compensé par une consommation d'eau accrue par les plantes (transpiration) causée par une meilleure exposition des feuilles à la lumière du soleil. Dans des conditions de faible humidité, la population des plantes a une influence beaucoup plus importante sur l'utilisation de l'eau que la largeur des rangées.

3. Il est très peu probable qu'une augnmentation de 5 à 10% sur le rendement ait une influence prononcée pour les petits exploitants chez qui les rendements sont relativement faibles. Même si les rendements sont bons, on peut créer plus de problèmes superflus en passant à une largeur de rangée plus étroite :

   - Des rangées plus étroites coûtent davantage à l'exploitant en ce qui concerne le temps de travail, les graines et les pesticides. La raison en est que plus la rangée est étroite, plus la longueur totale de rangées par hectare ou par unité d'exploitation est importante, puisqu'il y aura davantage de rangées à travailler.

   - Si un équipement tiré par un tracteur est utilisé, des rangées trop étroites peuvent augmenter les dégâts causés par les roues du tracteur et l'équipement qu'il remorque et augmenter également le tassement du sol près de la zone des rangées. Si plusieurs cultures sont cultivées avec l'utilisation d'un tracteur, il est plus pratique de choisir une largeur standard de rangée plutôt que d'avoir constamment à réajuster l'espacement des roues, leur taille ainsi que l'espacement entre les dents du cultivateur. Il ne faut pas également oublier que la largeur de rangée doit être suffisamment large pour permettre le passage d'un cultivateur tiré par un tracteur (pour le désherbage). On ne peut pas compter exclusivement sur l'emploi d'herbicides!

Résumé des Etudes Menées sur la Population et l'Espacement des Cultures de Référence

LE MAIS : Une population trop importante peut causer une augmentation de la verse, de tiges dénudées, d'épis mal remplis et de petits épis. Des épis, épluchés et séchés, pesant plus de 270 à 310 g indiquent que la populatiron des plantes était probabalement trop faible pour les conditions de culture et

que les rendements auraient pu être de 10 à 20% plus élevés. La taille des épis pour les variétés prolifiques (produisant plusieurs épis) ne varie pas autant avec des changements de densité de plantation que pour les variétés ne produisant qu'un épi ; c'est plutôt le nombre d'épis par plante qui augmentera avec la densité.

Plantation en buttes/plantation en lignes : De nombreux essais avec le maïs ont fait état d'une augmentation de rendement de l'ordre de 0 A 13% lorsqu'on remplaçait la plantation en lignes (une graine par trou) par une plantation en buttes avec une à trois graines par trou de plantation. Cependant, le problème de la verse s'avère être plus important avec la plantation en lignes. Il faudra encourager les exploitants qui plantent manuellement quatre à six graines par trou à passer à deux à trois graines par trou de plantation et à rapprocher suffisamment les trous pour atteindre la densité de population souhaitée. Il est peu probable que la plantation en lignes justifie le besoin en main-d'oeuvre supplémentaire nécessaire à une plantation manuelle.

Dans des conditions adéquates de fertilité et d'humidité du sol, la densité optimale de population varie d'environ 40.000 A 60.000 plantes par hectare. La taille des plantes, l'entretien, la fertilité et la tolérance de la variété à la densité des plantes ainsi que l'humidité dont on dispose sont tous des facteurs qu'il faudra considérer si l'on procède à des changements dans la population de plantation. Des études ont également démontré que des populations trop importantes ont un effet négatif sur le rendement du maïs lorsque l'humidité est faible.

LE SORGHO : La population optimale de plantation varie énormément en fonction de l'eau disponible, de la hauteur des plantes, de leur capacité de tallage et de la fertilité. Chez les variétés qui gerbent bien, la population de plantation a moins d'importance que dans le

cas du maïs, car les plantes peuvent compenser une population trop dense ou trop faible en variant leur croissance de pousses latérales.

En Afrique occidentale, les variétés améliorées photosensibles à longue saison et les variétés améliorées non-sensibles à courte saison sont ensemencées à raison de 40.000 à 80.000 plants/ha dans de bonnes conditions de gestion ; les variétés naines photosensibles à longue saison sont ensemencées à raison de 100.000/ha ou plus.

Toutes les densités de population mentionnées ci-dessus sont basées sur des conditions de monoculture.

LE MILLET PERLE : En Afrique occidentale, le millet est planté en buttes généralement espacées d'un mètre ou plus ; on sème un grand nombre de graines par butte, et le repiquage se fait deux à trois semaines plus tard. Ce procédé requiert un travail manuel très important et est rarement fini avant qu'une forte concurrence ne se fasse sentir. Des essais de culture menés en Haute-Volta par l'ICRISAT ont démontré que le millet germait mieux quand on plantait un grand nombre de graines par butte et que la plantation en buttes donnait un meilleur rendement que la plantation en lignes. Cependant, d'autres travaux menés par l'ICRISAT en Afrique occidentale n'ont fait état d'aucune différence de rendement entre la plantation en buttes et la plantation en lignes.

Population et espacement : En Afrique occidentale, les millets perlés du type Gero sont souvent plantés avec une densité de population de 7.500 à 8.500 plantes/ha en combinaison avec deux ou trois autres cultures. Les types Maiwa, plus hauts et à longue saison de croissance, sont ensemencés à raison de 40.000 à 80.000 plantes/ha lorsqu'ils sont plantés seuls et dans de bonnes conditions de gestion. Pour les types nains Geros améliorés, on recommande une densité de population supérieure à 100.000 plantes/ha.

La plupart des variétés possèdent une bonne capacité de tallage et s'adaptent d'eux-mêmes à diverses densités en

changeant leur production de talles. Jusqu'à un certain point, les rendements ne sont pas affectés de façon significative par des changements de densité de population.

ARACHIDES : Dans certaines régions d'Afrique occidentale, les arachides sont souvent plantées en combinaison avec le sorgho, le millet et le maïs. Les arachides constituant la culture la plus précieuse parmi celles-ci, on a tendance à ne cultiver les céréales qu'à raison d'environ 3.000 à 6.000 buttes par hectare pour avoir une forte densité de population d'arachides (environ 30.000 buttes/ha), soit du même ordre que lorsqu'elles sont plantées en monoculture.

En Afrique occidentale, on recommande une population de plantation pour les variétés améliorées cultivées en monoculture de l'ordre de 45.000 à 100.000/ha. Les rangées varient de 24 à 36 pouces (60 à 80 cm) et l'espacement des graines dans une rangée varie de 15 à 25 cm. Pour les types de Virginie, on a trouvé que des densités de l'ordre de 45.000 à 60.000/ha constituaient une population optimale, tandis qu'une densité plus importante est recommandée pour les types d'Espagne-Valence.

Des études menées aux U.S.A. dans les années 40 et 50 ont fait état d'une augmentation de rendement de l'ordre de 30 à 40% si l'on passait d'une largeur de rangée de 90 cm à une largeur de 45 à 60 cm. A l'époque, les rendements moyens étaient cependant relativement faibles (1.550 kg/ha). Les rendements ayant augmenté au cours des années, l'importance de la largeur de rangée a considérablement diminué, et la plupart des cultivateurs aux U.S.A. utilisent des largeurs de 75 à 95 cm avec une graine tous les 10 cm. On considère généralement qu'une plante tous les 15 à 20 cm constitue un espacement adéquat, mais il est nécessaire de surplanter pour compenser toutes pertes possibles.

Deux éléments nouveaux peuvent influencer la largeur

rangée : 1) Les variétés naines, plus petites, qui ne s'étendent pas suffisamment pour couvrir une largeur de rangée de 90 cm, et 2) Des régulateurs de croissance de la plante (Alar par exemple) qui raccourcissent l'entre-noeuds (les entre-noeuds sont les espaces situés entre les noeuds sur la tige et les branches) et font diminuer la taille de la plante ; ils conviennent en particulier aux types à stolons.

HARICOTS : Des études menées par le Centre International pour l'Agriculture Tropicale (CIAT) en Colombie ont trouvé que les haricots buissonnants, s'ils sont cultivés en monoculture, produisent un meilleur rendement avec un espacement soit de 30 cm entre les rangées et de 9 cm entre les plantes, soit de 45 cm entre les rangées et de 60 cm entre les plantes (l'équivalent d'environ 400.000 graines/ha). Un rendement maximal est généralement atteint avec 200.000 à 250.000 plantes par hectare cultivé, mais les pertes sur pied à partir de la plantation jusqu'à la récolte sont souvent de l'ordre de 25 à 40%, ce qui signifie qu'une surplantation importante est nécessaire. Une plantation à forte densité semble également augmenter la distance séparant les cosses du sol, ce qui fait diminuer les problèmes de pourriture. Cependant, des rangées très étroites feront s'aggraver la pourriture de la tige (Sclerotium) là où celle-ci présente un problème.

Des études menées par le CIAT et le Centre pour l'Agriculture, la Recherche et la Formation Tropicales (CARFT) indiquent que des populations pour les haricots buissonnants de l'ordre de 200.000 à 250.000/ha sont également idéales lorsque les haricots sont cultivés simultanément avec le maïs.

Des essais menés sur les haricots grimpants indiquent qu'une population définitive de plantation de l'ordre de 100.000 à 160.000/ha est optimale, que ceux-ci soient

cultivés seuls sur treillis ou en combinaison avec le maïs.

DOLIQUES : En Afrique occidentale, les variétés améliorées de doliquess du type grimpant sont cultivées à raison de 30.000 à 100.000 plantes/ha dans des rangées séparées de 75 à 100 cm.

POIS CHICHES : Une étude de l'ICRISAT a démontré que les rendements demeuraient relativement stables avec de grandes variations de densité de plantation (de 4 à 100 plantes/mètre carré).

Recommandations générales pour parvenir à une bonne densité de culture et à l'espacement souhaité

Il existe huit facteurs principaux qui vont déterminer en grande partie ce qui va constituer pour l'exploitant une bonne densité de culture et l'espacement souhaité pour les conditions de culture :

- Capacité de germination de la graine
- Pourcentage de surplantation
- Profondeur de plantation
- Condition de la couche de semis (mottes de terres, humidité, etc..)
- Type de couche de semis (plate, en sillons ou en buttes)
- Mesures exactes lorsque la plantation se fait manuellement et calibrage adéquat des planteuses mécaniques.
- Insectes et maladies du sol
- Endroit d'application de l'engrais.

Capacité de germination de la graine

Il faudra toujours procéder à un test de germination (voir

page 155) avant de procéder à la plantation ; une bonne graine devra avoir des résultats de germination voisins de 90%. Jusqu'à un certain point, une surplantation peut compenser un faible taux de germination, mais il ne faudra pas utiliser une graine avec des résultats de germination inférieurs à 50%, car la vigueur du jeune plant se trouvera probablement affectée.

Pourcentage de surplantation

Même si une graine germe bien, l'exploitant devra quand même surplanter pour compenser toutes pertes causées par les dégâts d'insectes, les maladies, les oiseaux et les opérations de désherbage. Quand on utilise une bonne graine, il est recommandé de surplanter d'environ 15 à 20% de façon à parvenir à la densité finale de culture recommandée au moment de la récolte. Parmi les cultures de référence, les haricots, les pois et les arachides sont les plus susceptibles aux pertes et bénéficieront généralement davantage d'une surplantation encore plus importante. Un grand nombre de facteurs dépendent des conditions spécifiques de culture. Des taux importants de surplantation (500% ou plus) suivis d'un important repiquage manuel constituent une pratique standard lorsqu'on cultive en plein champ des légumes comme les choux, les tomates et les salades. Cette méthode n'est pas recommandée pour les cultures de référence, car leurs graines sont plus grosses, plus résistantes et plus vigoureuses au cours de leur première période de croissance. Les coûts en main-d'oeuvre et en graines sont trop élevés quand on surplante trop pour repiquer de façon intensive. Le millet est communément repiqué en Afrique occidentale après avoir été surplanté dans des quantités importantes, mais cette méthode ne doit pas être encouragée.

Profondeur de plantation

La profondeur de plantation optimale dépend de la

culture, du type de sol (sablonneux ou argileux) et de la teneur en humidité du sol. Les graines doivent être ensemencées à une profondeur suffisante pour avoir accès à l'humidité qui permettra leur germination, mais pas trop profondément pour que l'émergence du jeune plant n'ait pas à en souffrir. Les exploitants locaux constituent toujours l'autorité suprême en ce qui concerne la profondeur de plantation convenant le mieux, mais il y a des recommandations générales auxquelles il faudra se reporter :

- Les graines peuvent être ensemencées plus profondément dans un sol sablonneux que dans un sol argileux sans que l'émergence de la plante s'en trouve affectée.
- La profondeur de plantation doit être plus importante dans des conditions de faible humidité du sol.
- Les grosses graines ont plus de vigueur au moment de l'émergence que les petites, mais ce facteur est également affecté par la structure du jeune plant. Le maïs, le millet et le sorgho percent le sol avec une pointe en forme d'épi pointu, ce qui permet une bonne émergence. Les arachides, les haricots et autres légumineuses émergent de façon plus diffuse.

Ordre de profondeurs normales de plantation pour les cultures de référence

Maïs	3,75 à 8 cm
Sorgho	3,75 à 6 cm
Millet	2 à 4 cm
Arachides, Haricots et Doligues	3 à 8 cm

Condition du lit de semis

La présence de mottes de terre et l'humidité du sol affectent la germination. Certains sols, surtout ceux forts en limon, tendent à former une croûte sur la surface quand ils sèchent après la pluie. Ce phénomène peut entraver l'émergence de façon sérieuse, surtout en ce qui concerne les légumineuses. Si nécessaire, la croûte peut être brisée avec un herse à dents ou avec tout autre outil domestique.

Les graines doivent être en bon contact avec le sol. La plupart des planteuses à traction mécanique sont équipées de rouleaux "compresseurs" en acier ou en caoutchouc passant sur le sol qui vient d'être ensemencé pour améliorer le contact de la graine avec le sol. (Se reporter à la page 132 pour la préparation de la couche de semis).

Type de lit de semis

La plupart des cultures peuvent être plantées à plat, en sillons ou en buttes, selon les conditions particulières du sol et du climat. Un bon écoulement ainsi que l'absence de stagnation de l'eau sont particulièrement importants pour les arachides, les haricots et les pois, qui sont très sensibles à la pourriture des racines et de la tige. Ces cultures devront être plantées à plat là où l'écoulement est adéquat ou semés en haut de buttes ou de couches de semis là où il ne l'est pas. Pour une plantation à plat, il faut faire attention à ne pas former une dépression le long de la rangée de plantation où l'eau peut s'emmagasiner. Ceci constitue un problème quand des planteuses mécaniques équipées de gros rouleaux sont utilisées, mais il peut être évité si l'on utilise des rouleaux plus larges et si l'on rajoute de la terre dans la rangée à venir à l'avant du cultivateur.

Calibrage de la planteuse ; précision d'une plantation faite à la main.

Les planteuses mécaniques devront être calibrées (réglées) avant la plantation pour assurer un bon espacement des semis.

Avec une plantation qui se fait à la main, on aura davantage de grosses erreurs dans la largeur de la rangée et l'espacement des semis à moins que l'on fasse un effort d'en assurer la précision. L'utilisation d'une chaîne ou

d'un cordeau le long de la rangée de semis avec des noeuds ou des marques de peinture pour indiquer l'espacement désiré est recommandée.

Insectes et maladies du sol

Il peut être nécessaire de traiter les graines avec une poudre fongicide pour aider dans la lutte contre les pourritures des semis, qui constitue un problème particulièrement grave dans des conditions fraîches et humides. Il peut être également nécessaire de traiter le sol ou les graines avec un insecticide pour se protéger contre les dégâts causés par les insectes qui s'attaquent aux graines et aux jeunes plants.

Endroit d'application de l'engrais

Un engrais appliqué trop près des graines ou en contact avec celles-ci peut empêcher ou réduire la germination de façon significative. Cela va dépendre du type, de la quantité et de l'emplacement de l'engrais. (voir le chapitre 5).

5 Fertilité et entretien des sols

Engrais

L'emploi d'engrais est souvent le facteur d'entretien ayant la plus grande incidence sur l'amélioration des rendements des cultures de référence. Toutefois, son effet sur le rendement est fortement influencé par deux facteurs :

- Le contrôle d'autres facteurs limitatifs : l'action des engrais est plus efficace quand elle fait partie d'un "ensemble combiné" de pratiques ameliorées conçues pour contrôler d'autres facteurs limitatifs de la fertilité des sols.

- Comment utiliser les engrais :
  On ne peut obtenir de bons résultats avec les engrais que si l'exploitant sait choisir le type et la quantité à utiliser, et comment et quand les épandre.

En plus de l'eau, de la lumière du soleil et de l'air, les plantes ont besoin de 14 substances nutritives inorganiques qui sont généralement classées comme suit :

MACRO-ELEMENTS

Primaires	Secondaires
AZOTE (N)	CALCIUM (Ca)
PHOSPHORE (P)	MAGNESIUM (mg)
POTASSIUM	SOUFRE (S)
MICRO-ELEMENTS	(ni primaires ni secondaires)
FER (Fe)	ZINC
MANGANESE (Mn)	BORE (B)
CUIVRE (Cu)	MOLYBDENE

Les macro-éléments constituent environ 99% de la nourriture d'une plante. L'azote, le phosphore et le

potassium en constituent environ 60% et constituent réellement les 3 Grands Eléments de la fertilité des sols, en ce qui concerne la quantité nécessaire et la probabilité d' insuffisance (voir le Tableau 4).

Ceci ne veut pas dire que les macro- ou micro-éléments secondaires soient moins essentiels. Il est vrai que leurs insuffisances sont rares, mais elles peuvent avoir un effet tout aussi important sur le rendement des cultures.

Tableau 4

Eléments Nutritifs
nécessaires à la production de 6300 kg de Maïs égréné

Macro-éléments	Kg	Micro-éléments	Grammes
Azote	157	Fer	4200
Phosphore (P_2O_5)	60	Manganèse	1000
Potassium (K_2O)	124	Zinc	30
Calcium	29	Cuivre	7
Magnanèse	25	Bore	7
Soufre	17	Molybdène	0.7

Azote (N)

L'Azote est l'élément nutritif le plus fréquemment déficient parmi les plantes non-légumineuses. Il favorise la croissance végétative et est un élément essentiel à la protéine et à la chlorophylle (nécessaires à la photosynthèse).

Les besoins en azote varient selon les cultures. Les besoins en azote des cultures ayant beaucoup de végétation (feuillues) sont élevés. Ces cultures comprennent le maïs, le sorgho, le millet, le riz, la canne à sucre, les graminées de prairie et la plupart des légumes feuillus et fruitiers. Les cultures fournissant des racines comme les pommes de terre, les patates douces, les cassaves (le manioc, le yucca) et les ignames des tropiques ont des besoins en azote moins élevés, et, en grandes quantités, celui-ci tend à favoriser le développement des feuilles sur les tubercules (à

l'exception des variétés améliorées des pommes de terre dont les besoins en azote sont plus élevés).

Par le processus de nitrification, les légumineuses peuvent satisfaire leurs propres besoins en azote. Généralement les arachides, les doliques, les haricots mungo, les pois cajans, et les pois chiches peuvent satisfaire leurs besoins en azote de cette manière. Les haricots (flageolets) sont moins efficaces dans la fixation de l'azote et pourront exiger la moitié moins d'engrais azotés que le maïs. Des apports excessifs en azote peuvent exercer une influence défavorable sur la croissance des cultures, surtout s'il existe une carence en autres éléments nutritifs. Un tel apport peut :

- retarder la maturité,
- diminuer la résistance,
- aggraver les problèmes de la verse chez les cultures céréalières

Azote disponible et azote non-disponible

Seul l'azote fixé dans le sol sous forme ammoniacale (NH_4^+) et nitrique (NO_3^-)
est accessible aux plantes. Toutefois, environ 98-99% de la totalité de l'azote du sol est sous forme organique inaccessible incorporée à l'humus. Les microbes du sol transforment progressivement cet azote organique inaccessible en ammonium puis en nitrate. La plupart des sols ont une teneur en humus trop faible pour fournir de l'azote suffisament rapidement pour assurer de bons rendements. C'est pourquoi les plantes non-légumineuses ont normalement besoin d'engrais azotés.

L'azote accessible du sol peut se fixer et devenir inaccessible quand on enfouit dans le sol en labourant des résidus ayant une faible teneur en azote. La raison en est que les microbes du sol entraînant la décomposition des résidus ont besoin d'azote pour fabriquer de la protéine. La plupart des résidus de cultures tels que les

pédoncles de maïs, de millet et de sorgho fournissent de grandes quantités de carbone, utilisé par les microbes comme source énergétique, mais n'en fournissent pas suffisamment pour couvrir les besoins en protéine des microbes. Pour suppléer à cette insuffisance, les microbes prélèvent l'azote ammoniacal et l'azote nitrique du sol. Une culture peut souffrir d'une carence en azote temporaire si elle est plantée dans ces conditions, et ceci jusqu'à la décomposition totale des résidus par les microbes et jusqu'à ce que ceux-ci libèrent l'azote fixé dans le sol au fur et à mesure qu'ils meurent. (Parfois même les jeunes légumineuses seront affectées). On peut facilement éviter ce genre de carence en azote en épandant de l'azote à raison de 25-30 kg/ha environ au moment de la plantation pour la culture de plantes non légumineuses.

L'Azote disponible est facilement perdu

L'azote nitrique (NO_3^-) est lixivié bien plus facilement (transporté en aval de la zone des racines par la pluie ou par l'arrosage) que l'azote ammoniacal (NH_4^+), puisqu'il n'est pas affecté (ni attiré ni immobilisé) par les particules de charge négative de l'argile et de l'humus. (Elles agissent comme un aimant et immobilisent les éléments nutritifs de charge positive tels que le NH_4^+, le K^+ et le Ca^{++} et évitent la lixiviation de ceux-ci).

Le problème est que les températures tropicales et subtropicales sont toujours suffisamment élevées pour favoriser une transformation rapide par les microbes du sol de l'azote ammoniacal en azote nitrique. Dans les sols chauds, la plupart des engrais ammoniacaux seront transformés totalement en un nitrate lixiviable dans l'espace d'une semaine. Les pertes en azote par lixiviation sont d'autant plus importantes que la pluviosité est élevée et que les sols sont argileux. La meilleure façon d'éviter une lixiviation excessive est de n'épandre qu'une partie de l'engrais au moment de la plantation et le reste plus tard en cours de croissance de la culture

quand l'assimilation est plus importante.

Phosphore (P)

Le phosphore favorise le développement des racines, des fleurs, des fruits et la formation des graines. Il conviendra de se rappeller des remarques suivantes en ce qui concerne le phosphore :

- Les carences en phosphore sont générales : Une grande partie du phosphore originaire du sol y est fixé et n'est pas accessible. Pire encore, seuls environ 5-20% des engrais phosphorés épandus pourront être accessibles aux plantes puisqu'une grande proportion du phosphore est fixé sous forme de composés insolubles. Cette fixation du phosphore est surtout problématique pour les terrains rouges, très fatigués et à faible pH (d'acidité élevée).

- Le phosphore pratiquement immobilisé dans le sol : Le phosphore ne subit pas de lixiviation, à l'exception des sols très sableux. Beaucoup d'exploitants épandent l'engrais phosphoré de manière trop superficielle et une quantité limitée est absorbée par les racines.

- Les jeunes plants ont besoin d'une teneur en phosphore élevée pour favoriser un bon développement des racines. Ceci veut dire qu'il faut épandre le phosphore au moment de la plantation. Une étude a montré que les semis de maïs absorbent une proportion de phosphore 22 fois plus élevée par unité de longueur que les plantes de 11 semaines.

- La méthode d'application est d'une importance capitale et détermine la proportion de phosphore ajouté qui va se fixer. Les épandages en couverture (application uniforme d'engrais sur le champ entier) assurent une fixation maximale du phosphore et seront rarement recommandés pour les petits exploitants. L'épandage d'engrais en bandes, en demi-cercle, ou dans en trous près de la graine est tout aussi efficace que l'épandage en couverture, surtout pour des taux d'application peu élevés ou moyens.

Potassium (K)

Le potassium favorise la formation des fécules et des sucres, la croissance des racines, la résistance aux maladies, la résistance des tiges, et la vigueur générale des plantes. Les cultures à fécule et à sucre comme la canne à sucre, les bananes, les pommes de terre, le manioc et les patates douces ont des besoins en potassium particulièrement élevés. Le maïs, le sorgho, le millet, le riz, et d'autres graminées extraient le potassium de façon plus efficace que la plupart des cultures à feuilles larges. Il conviendra de se rappeller des remarques suivantes en ce qui concerne le potassium :

- Les carences en potassium ne sont pas aussi fréquentes que celles de l'azote et du phosphore : La plupart des sols volcaniques auront de bonnes réserves accessibles. Toutefois seuls les laboratoires pourront nous en assurer.

- Potassium : La proportiom de potassium disponible dans le sol n'est que de 1 ou 2 % environ, mais c'est souvent une proportion suffisament élevée pour satisfaire aux besoins de certaines cultures. Il faudra se rappeler qu'en général la fixation des engrais potassiques n'est pas importante et qu'elle ne peut être comparée à celle du phosphore.

- Les pertes par lixiviation sont normalement peu importantes : Le potassium sous forme accessible a une charge positive. Les particules de charge négative de l'argile et de l'humus agissent comme des aimants et attirent la charge positive du potassium sur leurs surfaces ce qui contribue à réduire la lixiviation. Toutefois, les pertes par lixiviation peuvent constituer un problème pour les cultures en sols sableux ou dans des conditions de pluviosité importante.

- Des épandages de fortes doses de potassium peuvent favoriser des carences en magnésium.

Les macro-éléments secondaires :
le calcium (Ca), le magnésium (Mg),
et le soufre (S)

Pour la plupart des cultures, le calcium joue un rôle plus important comme substance de chaulage (pour augmenter le pH du

sol et en réduire l'acidité) que comme élément nutritif. Même les sols très acides ont généralement suffisamment de calcium pour satisfaire aux besoins en éléments nutritifs des plantes, alors que le pH du sol peut être trop bas ou assurer une bonne croissance. Il faudra de grandes quantités de calcium pour augmenter le pH par rapport à celles requises pour la nutrition des plantes.

Les arachides font exception et ont des besoins en calcium exceptionnellement élevés qu'il faudra généralement satisfaire en ajoutant du gipse (sulfate de calcium). Celui-ci n'est pas une substance de chaulage.

Les carences en magnésium sont moins fréquentes que celles en calcium et sont plus susceptibles de se produire dans des sols sableux, acides (normalement à un pH inférieur à 5,5) ou à la suite d'épandages massifs de potassium. Une teneur trop élevée en calcium par rapport à celle du magnésium peut également entraîner des carences en Mg. Pour les exploitants qui ont besoin de chauler leurs sols, on recommande généralement l'emploi de calcaire dolomitique (un mélange à raison de 50%/50% de carbonates de Ca et de Mg). Le calcium et le magnésium sont tous deux progressivement lixiviés du sol par les pluies.

Les carences en soufre ne sont pas fréquentes, mais sont plus susceptibles de se produire dans les conditions suivantes :

- De nombreux sols volcaniques ont tendance à avoir une teneur peu élevée en soufre accessible. Les terrains situés à proximité des zones industrielles reçoivent normalement suffisamment de soufre apporté dans l'air.

- Sols sableux et fortes précipitations

- Emploi d'engrais faibles en soufre (voir le Tableau 17).
  Les engrais à faible analyse (ayant une teneur en azote-phosphore-potassium relativement faible) ont en général une teneur en soufre bien plus élevée que les

engrais à analyse élevée comme par exemple 18-46-0, 0-45-0, etc.

Les micro-éléments

Les carences en micro-éléments sont bien moins fréquentes que celles en azote, en phosphore ou en potassium, mais sont plus susceptibles de se produire dans les conditions suivantes:

- Sols très lessivés, acides, sableux.
- Sols ayant un pH supérieur à 7,0 (à part le molybdène qui est plus accessible à des pH plus bas).

Tableau 5

Susceptibilité des cultures de référence aux carences en micro-éléments

Culture	Carence en micro-éléments la plus fréquente	Conditions propices à des carences
Maïs	Zinc	Sol à pH supérieur à 6,8 ; sols sableux ; teneur élevée en P
Sorgho	Fer	Sol à pH supérieur à 6,8 ; sols sableaux ; teneur élevée en P
Haricots	Manganèse, Zinc,	Sol à pH supérieur à 6,8 ; sols sableaux
	Bore	Sols acides, sableux, pH supérieur à 6,8
Arachides	Manganèse, Bore	Voir ci-dessus

Toxicité des micro-éléments: Le fer, le manganèse et l'aluminium peuvent devenir excessivement solubles et toxiques aux plantes dans des sols très acides. Le bore et le molybdène peuvent causer des toxicités s'ils sont mal utilisés.

- Sols cultivés intensivement et fertilisés qu'avec des macro-éléments.

- Zones où les légumes, les légumineuses et les arbres fruitiers sont cultivés.

- Sols organiques (tourbe).

DETERMINATION DES BESOINS EN ENGRAIS

La quantité d'éléments nutritifs que les différentes cultures doivent absorber à partir du sol pour produire un rendement donné est connue. Pourtant il ne suffit pas d'ajouter cette quantité pour assurer une bonne fertilisation et ceci pour plusieurs raisons :

- L'exploitant doit connaitre la proportion d'éléments nutritifs se trouvant déjà dans le sol sous forme accessible.

- L'aptitude d'une plante à récupérer des éléments nutritifs, qu'ils proviennent de l'apport d'engrais ou du sol-même, dépendra de la nature de la culture, de la capacité du sol à fixer les différents éléments, des conditions météorologiques (lumière du soleil, pluviosité, température), des pertes par lessivage, des facteurs physiques du sol (tel que l'assèchement et le tassement) et des problèmes d'insectes et de maladies.

De même, il n'existe pas d'"engrais spécial pour tomates" ou "engrais spécial pour maïs", etc. Les sols diffèrent tellement dans leur fertilité naturelle qu'il n'existe pas d'engrais unique convenant à tous les types de sol, même pour un seul type de culture.

En ce qui concerne les cultures de référence, les exploitants ne peuvent pas se permettre de gaspiller leurs ressources financières limitées sur des engrais qui

pourront ne pas convenir à leurs sols. Il faudra également leur donner des directives raisonnables relatives à la quantité d'engrais nécessaire. Il existe cinq méthodes de base utilisées pour déterminer les besoins en engrais :

- Essais du sol
- Essais des tissus des plantes
- Repérer des signes de "faim" visibles
- Hasarder une hypothèse

Essais du sol

Des essais du sol menés par un laboratoire fiable constitue la méthode la plus commode pour déterminer les taux de fertilisation.

La plupart des laboratoires effectuent des essais pour déterminer la teneur en phosphore et en potassium disponible et mesurer le pH et la capacité d'échange (la charge négative) du sol. La plupart des laboratoires n'effectuent pas d'essais permettant de déterminer l'azote accessible, puisque les résultats ne sont pas très précis.

Certains laboratoires vont pouvoir vérifier la teneur en calcium, en manganèse et en soufre, et en certains micro-éléments (la fiabilité des essais sur les micro-éléments et le soufre est variable).

Si le sol est trop acide, le laboratoire pourra déterminer la teneur en chaux exigée par le sol. La plupart des laboratoires peuvent vérifier le risque de salinité et d'alcalinité du sol et de l'eau d'irrigation (cas fréquents dans des zones arides ou semi-arides).

Au minimum, le laboratoire formulera une recommandation pour l'épandage d'engrais azotés-phosphotés-potassiques relatif à la culture concernée. Les laboratoires plus avancés pourront adapter la recommandation à l'objectif de rendement et à la capacité de gestion de l'exploitant, basé sur les réponses fournies par celui-ci sur un questionnaire de laboratoire.

Des trousses d'essais du sol portatives ne sont pas aussi précises que les essais en laboratoire, mais elles peuvent fournir une assez bonne estimation des conditions du sol sur une site d'essai. Les modes d'emploi précisent les limites d'exactitude des trousses d'essai. Ces trousses donnent des résultats suffisant pour les besoins de l'exploitant en ce qui concerne les cultures de référence. Néanmoins, si un laboratoire d'essais du sol est disponible il faudra encourager les exploitants à y soumettre des échantillons de sol.

Comment prélever un échantillon de sol

Des échantillonnages incorrects de la part de l'exploitant ou du vulgarisateur est la cause la plus fréquente des résultats de laboratoire défectueux. Un échantillon de 200-400 grammes peut représenter jusqu'à 15.000 tonnes de sol. Il faut lire les instructions attentivement avant de procéder à l'échantillonnage. Celles-ci sont généralement indiquées sur la boîte d'échantillonnage ou sur une feuille séparée. (Voir l'Annexe J pour les instructions générales de comment, quand, et à quelle fréquence conduire des essais du sol).

Essais des tissus de plantes

On peut vérifier la teneur en azote-phosphore-potassium dans la sève d'une plante en effectuant des essais sur les tissus pendant la croissance de celle-ci dans le champ. Des trousses d'essais coûtent environ 20 à 42 dollars USA, mais certains réactifs doivent être remplacés chaque année.

De préférence, les essais sur les tissus sont utilisés pour suppléer aux données de sol, les résultats pouvant être délicats à interpréter par les non-spécialistes. Parfois les teneurs en éléments nutritifs de la sève d'une plante ne sont pas suffisamment mises en corrélation avec celles du sol, les variations

extrêmes de climat, les insectes et les maladies ayant une incidence sur l'assimilation. Des carences en un élément nutritif tel que l'azote peut arrêter la croissance d'une plante et provoquer "l'accumulation" de phosphore et de potassium dans la sève végétale, entraînant de faux relevés élevés. Les essais sont conçus pour obtenir des niveaux de rendements plus élevés que ceux réalisables par les exploitants. Les résultats des essais sur les tissus peuvent indiquer des carences chez les cultures recevant des doses d'engrais faibles ou moyennes les plus rentables. Un avantage des essais sur les tissus est que l'on peut éventuellement corriger une carence pendant la croissance d'une plante et améliorer ainsi les rendements.

Analyse complète des plantes : Certains laboratoires peuvent effectuer une analyse complète des éléments nutritifs des feuilles végétales par spectographie, mais celle-ci coûte 10 à 15 dollars USA.

En prélevant des échantillons de feuilles il est important de lire attentivement les instructions d'échantillonnage de la trousse ou du laboratoire. En se trompant de feuilles on peut fausser les résultats.

Essais d'engrais

Voir le Chapitre 8 et son Annexe B.

Repérage des "signes de faim" visibles

Des carences sévères en éléments nutritifs causent généralement des changements caractéristiques dans l'apparence des végétaux, et en particulier la couleur. Le repérage de ces "signes de faim" peut être utile pour la détermination des besoins en engrais, mais il y a plusieurs inconvénients :

- Certains signes de faim sont difficiles à distinguer les uns des autres ou des problèmes d'insectes et de maladies. S'il existe une carence en plus d'un élément nutritif à la fois, les signes de faim peuvent être trop vagues pour permettre un diagnostic précis.

- Faim latente : En général les signes de faim n'apparaîtront pas avant que la carence nutritive soit suffisamment grave pour entraîner une réduction des rendements de 30 à 60 % ou plus. Cette "faim latente" peut provoquer des rendements inutilement bas même quand la culture a une bonne apparence pendant toute la saison de croissance.

- Il peut être trop tard pour corriger les carences au moment où les signes de faim commencent à se manifester. Tout apport en azote après la période de floraison chez les récoltes céréalières augmentera la protéine des grains plus que les rendements (de telles augmentations en protéine sont petites par rapport à la quantité d'azote utilisée et au rendement sacrifié par un tel épandage tardif). De préférence, on doit placer le phosphore dans le sol à une profondeur de 7,5-10 cm et ceci est difficile à faire sans abîmer les racines quand la plante est déjà montée et en voie de croissance.

On peut trouver des signes de faim spécifiques aux cultures de référence à l'Annexe G.

Hasarder une hypothèse

Si l'exploitant ne dispose pas de résultats d'essais sur le sol de son champ, on peut estimer les besoins en N-P-K de manière judicieuse en se basaant sur au moins quatre des critères suivants :

- Résultats des essais sur le sol fournis par les exploitations voisines ayant le même type de sol et utilisant un chaulage et des engrais analogues.

- Données résultant d'essais d'engrais sur le même type de sol.

- Utilisation d'un livret de vulgarisation relatif à la culture et conseillant certains engrais à utiliser sur les sols de la région. (Il ne faudra pas trop se

baser sur leur précision à moins que les conseils soient basés sur les essais du sol/et ou sur les résultats d'essais sur place).

- Besoins relatifs en éléments nutritifs d'une culture donnée (présentés ultérieurement dans cette section).
- Examen approfondi du sol en ce qui concerne la profondeur, l'asséchement, la texture, l'ameublissement, le versant et d'autres facteurs pouvant limiter les rendements ou l'action des engrais, y compris le pH du sol (voir le paragraphe sur le chaulage ci-dessous).
- Historique du rendement et de la gestion de l'exploitation en ce qui concerne les engrais et le chaulage.
- L'aptitude de gestion de l'exploitant, les fonds disponibles et le désir d'avoir recours à des méthodes complémentaires comme la semence améliorée, la lutte contre les insectes, etc.

TYPES D'ENGRAIS ET COMMENT LES UTILISER

On comdamne souvent les engrais chimiques (minéraux) auxquels on attribue une "intoxication" du sol ou une production de produits moins savoureux et moins nourrissants. Les vulgarisateurs devront-ils encourager les exploitants-clients à ne plus penser aux engrais chimiques et à n'utiliser que des engrais organiques (compost)? Le "mode organique" est fondamentalement très sain, étant donné que la matière organique (sous forme d'humus) peut ajouter des éléments nutritifs dans le sol et améliorer ainsi de façon très prononcée la condition physique du sol (ameublissement, capacité de rétention d'eau) et la capacité de rétention d'éléments nutritifs. Malheureusement, certaines prétentions trompeuses et illusoires provenant des deux points de vue causent énormement de confusion.

Les engrais chimiques ne font que fournir des éléments nutritifs et n'exercent aucun effet bénéfique sur la condition physique du sol. Les engrais organiques assurent les deux. Néanmoins, le compost et le fumier sont des engrais ayant une concentration en éléments nutritifs très basse ; 100 kg d'un

engrais chimique 10-5-10 renferment à peu près la même teneur en N-P-K que 2.000 kg de fumier agricole moyen. Il faut épandre les engrais organiques à des doses très élevées (environ 20.000-40.000 kg/ha par an) pour compenser une teneur basse en éléments nutritifs et pour fournir suffisamment d'humus pour pouvoir sensiblement améliorer la condition physique du sol.

Les faits tendent à démontrer que l'action des engrais chimiques et des engrais organiques est plus efficace quand on les emploie ensemble. Une étude effectuée à la Maryland Agricultural Experiment Station a démontré que les rendements augmentaient de 20-33% quand des engrais chimiques et des matières organiques étaient utilisés ensemble, par rapport à une application double des uns ou des autres individuellement.

La plupart des exploitants n'ont pas accès à des fumiers ou à d'autre matières organiques en quantités suffisamment importantes pour pouvoir couvrir convenablement plus d'une petite portion de leur terre. Quand les réserves en matières organiques sont limitées, il ne faudra pas les épandre de manière trop éparse et elles seront plus efficaces si on les épand sur des cultures à haute valeur (tels que les légumes) qui sont cultivées intensivement sur de petites parcelles.

Fumier

Valeur des engrais : Le fumier est une source excellente en matières organiques, mais sa teneur en éléments nutritifs est relativement basse. La valeur réelle des engrais dépend grandement du type d'animal, de la qualité de son régime diétitique, du genre et de la quantité de litière utilisée, ainsi que de la manière dont le fumier est conservé et appliqué. La valeur nutritive du fumier de volailles et de mouton est normalement plus élevée que celle du cheval, du cochon ou des bovins. Une

exposition constante à la lumière du soleil ou à la pluviosité réduira de façon impressionnante la valeur de fécondation du fumier.

Le fumier agricole renferme en moyenne 5,0 kg d'azote, 2,5 kg de P_2O_5 et 5,0 kg de K_2O par tonne métrique (1000 kg), ainsi que diverses teneurs en autres éléments nutritifs. Ceci mène à une formule d'engrais de 0,5-0,25-0,5. (Pour plus amples détails sur la manière dont on détermine les taux d'application des engrais se reporter au paragraphe sur les engrais chimiques ci-dessous). MAIS seulement 50% de l'azote (N), 20% du phosphore (P) et 50% du potassium (K) peuvent être assimilés par les végétaux pendant le premier mois et éventuellement le deuxième mois, car la plupart des éléments nutritifs sont sous forme organique qu'il faut d'abord laisser se transformer en forme minérale par les microbes du sol. Ceci veut dire, toutefois, que la teneur en engrais résiduels du fumier est élevée.

La teneur en phosphore du fumier agricole est basse :

Le fumier agricole tend à avoir une disponibilité en phosphore trop basse par rapport à la disponibilité en azote et en potassium. Si le fumier est utilisé comme seule source d'engrais, certains experts recommandent de l'enrichir avec 25 à 30 kg de superphosphate simple (0-20-0) pour 1000 kg de fumier. Ceci permet de réduire la perte en azote sous forme ammoniacale. Néanmoins, il est plus commode et plus efficace d'épandre les engrais chimiques directement sur le sol plutôt que de les mélanger avec le fumier.

Le fumier est une source de micro-éléments :

Quand les animaux tels que les cochons et les poulets ont un régime équilibré fourni par des aliments commerciaux pour animaux, leur fumier peut constituer une bonne source de micro-éléments s'il est appliqué à un dosage élevé. Le fumier provenant d'animaux nourris en grande partie de la végétation des environs est susceptible d'avoir une teneur plus basse en micro-éléments.

Comment conserver le fumier :

De préférence, le fumier est conservé sous un toit ou dans une fosse couverte, mais on peut l'entasser en piles inclinées pour permettre l'écoulement de l'eau et suffisamment hautes pour permettre une réduction des pertes de lessivage dûes aux pluies.

Directives pour l'épandage du fumier :

- De préférence, on applique le fumier quelques semaines ou quelques jours avant la plantation. Si on l'épand trop tôt, on peut perdre une certaine proportion d'azote par lessivage. Pour éviter de "brûler" les graines et les jeunes plants, on doit épandre le fumier frais au moins deux semaines à l'avance ; le fumier pourri est peu susceptible de causer des dommages.

- Le fumier renfermant de grandes quantités de paille peut en réalité causer une carence en azote temporaire à moins d'ajouter des engrais azotés.

- Il convient d'enfouir le fumier dans le sol en le labourant, le binant ou le pulvérisant peu après l'épandage. Un retard d'une journée seulement peut entraîner une perte en azote de 25% sous forme de gaz ammoniac.

- On recommande en principe des doses de 20.000-40.000 kg/ha, mais il convient de limiter le fumier de volaille et de moutons à environ 10.000 kg/ha car il est plus susceptible de provoquer des brûlures. Cela fait environ 2-4 kg/m2 (1kg/m2 pour le fumier de volaille et de moutons).

- Si on limite les quantités, les exploitants feront mieux d'utiliser des doses modérées sur une surface plus large plutôt qu'une dose forte sur une petite surface.

- On peut aussi épandre le fumier en bandes ou en rainures centrées sur la rangée de plantation si les exploitants sont prêts à fournir l'effort exigé. C'est une bonne manière d'utiliser des quantités peu abondantes. Le fumier frais peut brûler les graines ou les plants s'il n'est pas suffisamment mélangé au sol.

Compost

Comme pour le fumier, il en faudra de grandes quantités pour pouvoir améliorer la condition physique du sol ou fournir des quantités suffisantes d'éléments nutritifs. Un compost requiert un gros effort de main-d'oeuvre et il est rarement utilisable pour autre chose que les petits jardins. (Pour en savoir davantage sur le compost, se reporter au guide PC/ICE Sols, Cultures, et Utilisation des Engrais).

Autres engrais organiques

La farine de sang et le tourteau de coton ont une teneur en azote sensiblement plus élevée que le fumier et le compost et renferment également d'autres éléments nutritifs. Néanmoins, ils sont appréciés pour l'alimentation des animaux et peuvent être trop chers. L'engrais d'os (teneur en P_2O_5 de 15-20%) ne fournit du phosphore que très progressivement et est cher également.

Les cosses du riz, les graines de coton et les arachides n'ont pratiquement pas de valeur nutritive, mais on peut les utiliser sous forme de paillis ou pour ameublir les sols argileux sur de petites parcelles. Ils peuvent provoquer une fixation en azote temporaire.

Fumier des cultures vertes

Voir le Chapitre 4

ENGRAIS CHIMIQUES

Les engrais chimiques (appelés également engrais "commerciaux" ou "minéraux") renferment une concentration en éléments nutritifs bien plus élevée que le fumier ou le compost, mais manquent en qualités permettant l'amélioration du

sol.

Peu d'exploitants auront suffisament d'engrais organiques pour pouvoir suffisamment couvrir plus qu'une fraction de leur terre. Les engrais chimiques constituent donc généralement un élément essentiel permettant d'améliorer les rendements rapidement. Malgré leur coût qui augmente sans cesse, ils peuvent souvent être rentables s'ils sont employés correctement.

Types d'engrais chimiques

Pour les applications au sol, les engrais se trouve le plus souvent sous forme de granulés. Normalement ils renferment un ou plus des "Trois grands éléments" (N, P, K), des quantités variables de soufre et de calcium (comme transporteurs), et des quantités très basses ou inexistantes d'éléments nutritifs.

Les engrais peuvent être soit des mélanges simples ou un mélange de deux ou plus d'engrais ou une combinaison chimique où chaque granulé est identique quant à sa teneur en éléments nutritifs.

Comment lire une étiquette d'engrais

Tous les engrais commerciaux réputés portent une étiquette indiquant leur teneur en éléments nutritifs, non seulement en N-P-K, mais aussi en soufre, magnésium et en micro-éléments.

Le système à trois chiffres :

Il indique la teneur en N-P-K dans cet ordre, normalement sous forme d'azote, de P_2O_5 et de K_2O.

Les chiffres se rapportent toujours au pourcentage. Un engrais 12-24-12 renferme 12% d'azote, 24% de P_2O_5, 12 % de K_2O ce qui équivaut à 12 kg d'azote, 24 kg de P_2O_5 et 12 kg de K_2O

pour 100 kg. Un engrais 0-21-1 ne contient ni azote ni potassium, mais renferme 21% de P_2O_5. Voici quelques exemples :

- 300 kg de 16-20-0 renferment 48 kg de N, 60 kg de P_2O_5, 0 kg de K_2O
- 250 kg de 12-18-6 renferment 30 kg de N, 45 kg de P_2O_5, 0 kg de K_2O

Taux d'application des engrais

Le taux d'application des engrais se rapporte aux proportions relatives d'engrais de N, de P_2O_5O et de K_2O. Un engrais 12-24-12 a un rapport de 1:2:1 de même qu'un engrais 6-12-6 ; il faudrait 200 kg de 6-12-6 pour fournir la même quantité de N-P-K que 100 kg de 12-24-12. Des engrais 15-15-15 et 10-10-10 ont tous les deux un taux d'application (ou rapport) de 1:1:1.

N, P_2O_5 et K_2O par rapport à N, P et K : Il convient de noter que la teneur en N d'un engrais s'exprime en N, mais que sa teneur en P et K s'exprime normalement en P_2O_5 et K_2O. Ce système remonte à l'avènement des engrais chimiques au 19ème siècle et est toujours utilisé dans la plupart des pays, bien que certains aient adopté la nouvelle expression N-P-K. Une recommandation d'engrais exprimée en "P réel" et "K réel" se rapporte au nouveau système ; vérifier l'étiquette pour voir si la teneur en éléments nutritifs est exprimée sous forme de N-P_2O_5- K_2O ou sous forme de N-P-K.

Les formules ci-dessous montrent comment faire la conversion entre les deux systèmes :

$P \times 2,3 = P_2O_5$ $\quad$ $P_2O_5 \times 0,44 = P$

$P \times 1,2 = K_2O$ $\quad$ $K_2O \times 0,83 = K$

Par exemple, un engrais dont l'inscription sur l'étiquette est

14-14-14 $N-P_2O_5-K_2O$ aurait une inscription de 14-6,2-11,6 selon le système N-P-K. De même, si la recommandation pour l'utilisation d'engrais requiert l'épandage de "P réel" à raison de 20 kg par hectare, il faudra utiliser 46 kg (c'est-à-dire 20 X 2,3) de P_2O_5 pour fournir cette quantité. Le Tableau 6 donne la teneur en éléments nutritifs des engrais d'usage courant. (Pour plus amples détails se référer au Guide PC/ICE portant sur L'utilisation du Sol, des cultures et des engrais).

DIRECTIVES FONDAMENTALES POUR L'EPANDAGE DES ENGRAIS CHIMIQUES

Azote

Pour la fertilisation du maïs, du sorgho, et du millet, il convient d'épandre de 1/3 à 1/2 de la quantité totale d'azote au moment de la plantation. Normalement la première application sera sous forme d'engrais N-P ou N-P-K. Il convient d'épandre le N restant de chaque côté des rangées de plantation en une ou deux fois lors de la croissance des végétaux et vers la fin de la période de végétation quand l'absorption de N par les végétaux est plus importante. On recommande l'utilisation d'un engrais azoté simple comme l'urée (azoté à 45-46%), le sulfate d'ammonium (azoté à 20-21%) ou le nitrate d'ammonium (azoté à 33-34%) pour l'épandage de chaque côté des rangées de plantation. Quand un épandage est à faire de chaque côté des rangées, il est normalement préférable de le faire quand la hauteur des cultures est au niveau des genoux (25-35 jours après l'émergence des végétaux dans des zones chaudes). Deux épandages de chaque côté des rangées pourront être nécessaires dans le cas de sols très sableux ou dans des conditions de forte pluviosité et on

les fera de préférence au stade de floraison et quand la plante atteint la hauteur du genou.

Tableau 6

COMPOSITION DES ENGRAIS D'USAGE COURANT

SOURCES AZOTEES	N %	P_2O_5 %	K_2O	S %
Ammoniaque anhydre (NH_3)	82%	0	0	0
Nitrate d'ammonium	33%	0	0	0
Nitrate d'ammonium à chaux	20.5%	0	0	0
Sulfate d'ammonium	20-21%	0	0	23-24%
Sulfate de phosphate	16%	20%	0	9-15%
d'ammonium (2 types)	13%	39%	0	7%
Phosphate de mono-ammonium	11%	48%	0	3-4%
(2 types)	12%	61%	0	0
Phosphate de di-ammonium	16%	48%	0	0
(3 types)	18%	46%	0	0
	21%	53%	0	0
Nitrate de calcium	15.5%	0	0	0
Nitrate de soude	16%	0	0%	0
Nitrate de potassium	13%	0	46%	0
Urée	45-46%	0	0	0
SOURCES PHOSPHOREES				
Superphosphate unique	0	16-22%	0	8-12%
Superphosphate triple	0	42-47%	0	1-3%
Phosphates de mono- et de di-ammonium (voir sources azotées)				

Tableau 6 -suite-

	N %	P_2O_5 %	K_2O	S %
Sulfate de phosphate d'ammonium (voir sources azotées)				
SOURCES POTASSIQUES				
Chlorure de potassium	0	0	62%	0
Sulfate de potassium	0	0	50-53%	18%
Nitrate de potassium	13%	0	44%	0
Sulfate double de potassium et de magnésium (11% Mg, 11% MgO)	0	0	21-22%	18%

NOTE: P_2O_5 X 0,44 = P; K_2O X 0,83a = K; S X 3,0 = SO_4

Où placer l'engrais azoté utilisé sous forme d'engrais N-P ou N-P-K :

Voir le paragraphe traitant du phosphore ci-dessous.

Epandage de l'azote de chaque côté des rangées :

Il n'y a pas lieu de placer un engrais N simple à une profondeur aussi grande que le P et le K, puisque la tombée des pluies va charrier le N dans un mouvement descendant vers la zone des racines. Il faudra l'enfouir dans le sol à une profondeur de 1,0-2,0 cm pour éviter que l'engrais soit entraîné par l'écoulement des eaux de surface. Il faudra travailler l'urée dans le sol pour éviter une perte de N sous forme de gaz ammoniac. (Il en est de même pour les engrais d'azote ammoniacal quand le pH du sol est supérieur à 7,0). Le moment optimal pour procéder à l'application d'engrais de chaque côté des rangées est juste avant une opération de désherbage (culture) - le cultivateur ou la sarcleuse (ou binette) peut alors l'enfouir dans le sol.

On peut placer l'azote en bande continue le long de la rangée de culture à une distance de 20 cm ou plus des

plantes. On peut appliquer l'engrais de chaque côté des rangées de cultures pour les plantes à systèmes de racines rampantes comme le maïs, le sorgho, et le millet au milieu de l'espace séparant les rangées sans perdre l'action de l'engrais. Il n'y a pas lieu d'effectuer un épandage en couverture d'un engrais azoté pour assurer une meilleure distribution car il s'étalera lors de son mouvement descendant dans le sol. Evitez de laisser tomber des gouttes d'engrais sur les plantes, car il peut les brûler. (Une brûlure d'engrais se produit quand une dose excessive est déposée trop près des graines ou des plants, les faisant brunir et perdre leur aptitude à absorber l'eau). Si le temps presse, on peut procéder à un épandage de chaque côté une rangée sur deux en doublant les doses par rangée.

Phosphore

Le phosphore est pratiquement immobile dans le sol. Cela signifie qu'on doit placer les engrais renfermant du P dans le sol à une profondeur d'au moins 7,5-10 cm pour assurer sa bonne absorption par les racines. Les racines de la plupart des cultures ne sont pas très actives près de la surface du sol (à moins d'utiliser une forme quelconque de paillage) car le sol s'assèche très facilement. Pour les raisons suivantes, on doit épandre l'ensemble de l'engrais P au moment de la plantation :

- Les jeunes plants ont besoin d'une concentration élevée en P dans leurs tissus pour assurer dès le début une bonne croissance et le développement des racines.
- Le phosphore ne se lessive pas, il n'y a donc pas lieu d'opérer des épandages supplémentaires d'engrais de chaque côté des rangées.
- Pour pouvoir avoir une action efficace en épandage de chaque côté des rangées, il faudra enfouir l'engrais P profondément dans le sol (sauf dans le cas d'un sol fortement paillé), et cela peut endommager les racines.

NOTE : De nombreux exploitants gaspillent de l'argent en appliquant des engrais N-P, N-P-K ou P de chaque côté des rangées après avoir appliquer de l'engrais P au moment de la plantation. D'autres exploitants n'épandent du P que lorsque la culture a déjà quelques semaines. Dans l'un ou l'autre cas, les rendements des cultures en souffrent.

Comment minimiser la fixation du phosphore

Seuls 5-20 pourcent de l'engrais P appliqué par l'exploitant sera effectivement utilisable par la culture en voie de croissance. La méthode d'épandage joue un grand rôle dans la quantité de produit fixé

En général, les exploitants ne doivent pas épandre en couverture (à la volée) des engrais renfermant du P, même s'ils les enfouissent dans le sol en les labourant ou en les binant. L'épandage en couverture mène à une fixation maximale du P : il se trouve trop éparpillé et chaque granule est soumis à un contact total avec le sol. L'épandage à la volée assure une meilleure distribution du P partout dans la terre végétale, mais il faut des taux d'application très élevés pour réduire la fixation et peu de petits exploitants en ont les moyens. En fait, il faut une dose d'épandage en couverture du P d'environ deux à dix fois plus élevée pour pouvoir produire le même effet que la même dose de P appliquée de façon localisée. Il vaut mieux que les exploitants utilisent l'une des méthodes d'épandage localisé présentées ci-dessous. En épandant une dose concentrée d'engrais sur une petite surface, on peut réduire la capacité de fixation du sol avoisinant.

L'incorporation de grandes quantités de matière organique dans le sol permet de réduire la fixation du P, mais normalement cela n'est pas possible dans des grands champs. On doit maintenir le pH du sol de l'ordre de 5,5-7,0 si possible. Des sols très acides ont une capacité de fixation particulièrement élevée. Quand on épand du P sous forme d'engrais N-P ou N-P-K, le N contribue à augmenter l'absorption du P par les racines

des végétaux.

Epandage des engrais

Méthode d'épandage en bandes continues : C'est la meilleure méthode pour les cultures de référence et elle est surtout adaptée aux semis en rangées peu espacées. L'emplacement optimal de la bande est à côté de la rangée à une distance de 5,0-6,0 cm et au-dessous du niveau du semis à une distance de 5,0-7,5 cm. Une bande par rangée suffit.

Comment faire une bande : L'exploitant a deux choix :

a. Des distributeurs d'engrais en bandes sont disponibles pour la plupart des modèles de planteuses à tracteur et pour certaines planteuses à traction animale. Des distributeurs d'engrais en bandes à bras sont disponibles dans le commerce également. Le programme des systèmes d'exploitation de l'Institut international pour l'agriculture des tropiques (IITA) a conçu un modèle à bras qui peut être construit dans un petit atelier équipé pour le soudage et le cisaillement des métaux. Néanmoins, on ne peut pas distinguer dans le dessin si le modèle IITA introduit en réalité l'engrais dans le sol au-dessous de la surface.

b. Méthodes de labourage ou de binage

- L'exploitant peut creuser un sillon de 7,5-15 cm de profondeur avec une charrue ou une binette en bois, distribuer les engrais à la main le long du fond, puis faire entrer suffisamment de sol à coups de pied pour remplir le sillon jusqu'à sa profondeur de plantation d'origine. Ceci permet de créer une bande d'engrais superposée par les semis et un peu écartée de chaque côté. Tant que les engrais et les semis sont séparés par 5,0-7,5 cm du sol, il y a peu de danger de brûlure.

- Une méthode moins satisfaisante consiste à creuser un sillon au niveau de la profondeur de plantation et d'y introduire ensemble le semis et les engrais (le sillon doit être suffisamment large pour permettre l'étalement et dans une certaine mesure la dilution de l'engrais). Cette méthode est efficace pour le maïs à des doses faibles et moyennes de N et de K (pas plus que 200-250 kg/ha de 16-20-0 ou de 14-14-14 ; pas plus de 100-125 kg/ha de 18-46-0 ou de 16-48-0). Des doses plus élevées peuvent entraîner une brûlure par engrais. Les haricots et le sorgho sont plus sensibles à la brûlure par engrais que le maïs.

Méthode du demi-cercle : Cette méthode est efficace quand les semis sont plantés par groupes à des intervalles relativement éloignés sur un terrain non cultivé et où il ne serait pas pratique de procéder à une application en bandes. Les engrais sont distribués dans un demi-cercle creusé avec une machette, une binette, ou un transplantoir à une distance de 7,5-10 cm de chaque groupe de semis et à une profondeur de 7,5-10 cm. Cette opération prend du temps, mais assure une meilleure distribution des engrais que la méthode d'application en trou.

Méthode d'application en trou : C'est la méthode la moins efficace des trois, mais il vaut mieux utiliser cette méthode que de ne pas utiliser d'engrais du tout. Il se peut que ce soit la seule méthode possible pour un terrain planté en buttes qui n'a pas été labouré au préalable. Les engrais sont placés dans un trou d'une profondeur de 10-15 cm et à une distance de 7,5-10 cm de chaque groupe de semis.

Potassium

Le potassium est à mi-chemin entre le N et le P en ce qui concerne les pertes dûes au lessivage. Comme avec le P, on peut épandre la totalité du K, souvent incorporé à un engrais N-P-K, au moment des semis. Quand les pertes dûes au lessivage peuvent être élevées (des sol très argileux ou une pluviosité très élevée), on recommande parfois des épandages de K divisés.

A la différence de N et de P, environ 2/3 du K extrait du sol par les plantes finit par se trouver dans les feuilles et les tiges plutôt que dans les grains. La restitution des résidus des cultures dans le sol est une bonne manière d'assurer le recyclage du K. Leur brûlage ne détruira pas le K, mais entraînera la perte de leur N, du soufre, et des substances organiques.

Certains conseils spéciaux concernant les sols soumis à un système d'irrigation par tranchées

En utilisant les méthodes d'épandage en bandes, en demi-cercles ou en trous sur des sols soumis à un système d'irrigation par tranchées (cultures dont l'irrigation est assurée par le transport d'eau le long d'une tranchée entre chaque rangée ou couche de plantation), l'exploitant doit être sûr de distribuer les engrais au-dessous du niveau que l'eau d'irrigation atteindra dans la tranchée. Une distribution au-dessous de cette ligne de démarcation permet l'entraînement latéral et descendant vers les racines des éléments nutritifs mobiles comme le nitrate et le sulfate. Si les engrais sont appliqués au-dessus de la ligne d'eau, le mouvement ascendant capillaire de l'eau transportera ces éléments nutritifs mobiles vers la surface du sol où ils ne peuvent pas être utilisés. (Le mouvement ascendant capillaire est le même processus qui permet au kérosène de "monter" dans la mèche d'une lampe.

COMMENT DETERMINER LA DOSE D'ENGRAIS A UTILISER

On peut se rapporter au tableau suivant pour déterminer la dose d'engrais à épandre par longueur de rangée (dans le cas où la méthode d'épandage en demi-cercle ou en trous est utilisée). (On peut également utiliser la formule se trouvant dans le manuel PC/ICE intitulé Utilisation du sol, des cultures et des engrais pour déterminer cette dose.

NOTE : Plutôt que de dire aux exploitants d'appliquer une dose donnée en grammes ou en onces par longueur de rangée ou par butte, convertissez le dosage en poids en un dosage de volume

au moyen d'une boîte de conserves, d'un couvercle de pot ou d'une capsule de bouteille.

Les engrais varient en densité, soyez certain de déterminer le rapport poids/volume pour chaque type au moyen d'une échelle précise.

Tableau 7

Détermination de la Dose d'Engrais
Requise par Mètre de Longueur de Rangée
ou par "Butte"

I. Par mètre de longueur de rangée (Pour des applications en bandes) :

	DOSE D'ENGRAIS REQUISE PAR HECTARE					
Largeur de rangée	100 kg	200 kg	300 kg	400 kg	500 kg	600 kg
	GRAMMES A APPORTER PAR METRE OU PAR LONGUEUR DE RANGEE					
50 cm	5	10	15	20	25	30
60 cm	6	12	18	24	30	36
70 cm	7	14	21	28	35	42
80 cm	8	16	24	32	40	48
90 cm	9	18	27	36	45	54
100 cm	10	20	30	40	50	60

II. Par butte (Pour les épandages en demi-cercle ou en trous) : Dans ce cas, la dose est fonction de l'espacement des rangées et de la distance entre les buttes d'une rangée. Le tableau ci-dessous donne les doses en grammes d'engrais requises par butte qui équivaudrait à une dose de 100 kg/ha. Pour déterminer la quantité nécessaire équivalant à une dose de 250 kg/ha, multiplier les chiffres du tableau par 2,5.

Largeur de Ligne	DISTANCE ENTRE LES BUTTES 30 cm	40 cm	50 cm	60 cm	70 cm	80 cm	90 cm	100 cm
	GRAMMES D'ENGRAIS REQUIS PAR BUTTE POUR EQUIVALOIR A 100 KG/HA							
50 cm	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
60 cm	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2	4,8	5,4	6,0
70 cm	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9	5,6	6,3	7,0
80 cm	2,4	3,2	4,0	4,8	5,6	6,4	7,2	8,0
90 cm	2,7	3,6	4,5	5,4	6,3	7,2	8,1	9,0
100 cm	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0

Engrais foliaires

Les applications foliaires sont les mieux adaptées aux micro-éléments : Des engrais en poudre soluble ou liquides peuvent être vendus dans certaines régions pour être mélangés à de l'eau et vaporisés sur les feuilles. Certains engrais en granulés comme l'urée, le nitrate d'ammonium et le phosphate de di-ammonium sont également suffisamment solubles à cet effet. Néanmoins, on ne peut pulvériser que de petites quantités d'engrais sur les feuilles à chaque application sans les "brûler" - ceci veut dire que les épandages foliaires sont normalement plus adaptés aux micro-éléments pour lesquels les quantités requises sont minimales. Les épandages foliaires sont surtout utiles pour les apports en fer : celui-ci se fixe facilement et devient inaccessible dans les applications au sol. Bien que les engrais d'application foliaire aient une action rapide (1 à 3 jours après l'application) ils ont moins de valeur résiduelle que les épandages au sol.

On dit souvent que les engrais foliaires N-P-K permettent d'augmenter les rendements de manière très rentable.

- De nombreux essais ont montré que les engrais foliaires N-P-K entraînent "le verdissement" des feuilles, mais qu'il est peu probable que les rendements s'en trouvent améliorés de façon appréciable tant que des doses suffisantes en N-P-K sont apportées au sol. En 1976 un essai effectué en Colombie par le Centre International

pour l'Agriculture Tropicale (CIAT) a permis d'obtenir une augmentation au rendement de 225 kg/ha pour la culture de haricots qui avaient été vaporisés trois fois avec une solution à 2,4% (en poids) de phosphate de mono-ammonium (11-48-0) bien qu'une dose de 10 kg/ha de P_2O_5 ait été apportée au sol. (La part de P_2O_5 apportée par pulvérisation n'était que d'environ 10 kg/ha). Le sol avait toutefois une capacité de fixation en P très élevée.

Les engrais foliaires en poudre et en liquides solubles sont bien plus chers par unité d'élément nutritif que les engrais granulaires.

Il faut de nombreuses applications pour pouvoir fournir une dose en N-P-K efficace sur les feuilles sans entraîner un risque de brûlure.

Certains engrais foliaires en N-P-K comprennent également des micro-éléments, mais les teneurs sont bien trop petites pour éviter des carences ou pallier à celles-ci.

Comment éviter une "brûlure d'engrais

Une "brûlure" d'engrais se produit quand on place trop d'engrais trop près des semis et des plants. Elle est causée par une concentration trop élevée en sels solubles autour de la semence ou des racines, les empêchant d'absorber l'eau. Les graines peuvent germer de façon médiocre à partir des extrémités vers le bas, les feuilles de la jeune pousse peuvent commencer à brunir, et les plantes peuvent mourir.

Directives pour la prévention d'une brûlure d'engrais

- Le N et K des engrais peuvent brûler plus que le P. Le superphosphate simple et triple sont peu dangereux sur ce point. Le nitrate de sodium et le nitrate de potassium ont le potentiel de brûlure le plus élevé par unité d'élément nutritif suivi par le sulfate d'ammonium, le nitrate d'ammonium, le phosphate de mono-ammonium (11-48-0), et le chlorure de potassium. Le phosphate de di-ammonium (16-48-0, 18-46-0) et l'urée peuvent endommager les semis et les plants en libérant du gaz ammoniacal. Plus la

proportion de N et de K par rapport à P est élevée dans un engrais N-P-K plus la probabilité de brûlure dûe à une application incorrecte est forte.

- Quand on utilise des engrais renfermant du N, ne pas les appliquer à moins de 5 cm de la rangée de semis dans un épandage en bandes ou de 7,5 cm pour les épandages en demi-cercle ou en trous (voir les exceptions présentées dans le paragraphe traitant des méthodes d'épandage des engrais en bandes). Il y a peu de danger de brûlure par N dans un épandage de chaque côté des rangées de cultures en période de croissance, mais il convient d'éviter les chutes de granulés sur les feuilles.

- La brûlure causée par les engrais se produit plus souvent sur des sols sableux que sur des sols argileux et dans des conditions de faible humidité. Des pluies fortes ou une irrigation pourront emporter avec elles les sels nuisibles dans le cas d'une brûlure.

DOSES D'ENGRAIS RECOMMANDEES POUR LES CULTURES DE REFERENCE

La dose d'engrais la plus efficace pour le petit exploitant est fonction des compétences de gestion, du capital disponible, des facteurs limitatifs, de la fertilité du sol, du type de culture, du prix et du coût estimés des engrais.

Les petits exploitants doivent en principe viser une rentabilité maximale par dollar investi. Ceci veut dire qu'il convient d'utiliser des doses d'engrais faibles ou moyennes puisque l'action des engrais sur les cultures est sujet à la loi de la rentabilité décroissante.

Etant donné que l'efficacité de la réaction aux engrais diminue avec des doses plus élevées, le petit exploitant aura plus intérêt à appliquer des doses d'engrais faibles à moyennes. Il obtiendra une rentabilité plus élevée par dollar investi, il pourra assurer la fertilisation de davantage de terre et il lui restera de l'argent à investir dans d'autres méthodes d'amélioration des rendements.

Au fur et à mesure que l'état financier d'un petit exploitant s'améliore, on peut justifier l'application

d'engrais en doses plus élevées tant que les investissements dans d'autres méthodes ne sont pas sacrifiés. Un autre facteur à prendre en compte est que l'emploi d'engrais peut diminuer la surface des terres et les besoins en main-d'oeuvre agricole nécessaires pour assurer une production donnée, ce qui permet de réduire les frais et de diversifier la production.

Quelques directives concernant des doses en N-P-K faibles, moyennes et élevées

Sans oublier les nombreux facteurs déterminant les doses optimales d'engrais, le Tableau 8 offre une idée très générale des doses FAIBLES, MOYENNES, et ELEVEES des "Trois grands éléments nutritifs" des cultures de référence basé sur les conditions d'un petit exploitant et sur un épandage localisé de P. Les doses "élevées" données ici seraient interprétées par la plupart des exploitants en Europe et aux Etats-Unis comme des doses faibles ou moyennes, car les applications en N de 200 kg/ha sur du maïs et du sorgho irrigués ne sont pas rares.

Il faut faire plusieurs réserves très importantes en ce qui concerne le Tableau 8 :

- IL FAUDRA TENIR COMPTE DU NIVEAU DE FERTILITE DU SOL aussi bien que du type de culture. Un sol à teneur élevée en K disponible va exiger peu ou pas du tout d'engrais K. La plupart des sol cultivés tendent à être faibles en N, faibles à moyens en P, mais les carences en K sont moins fréquentes. L'action du P et du K résiduels sur les arachides est souvent plus efficace que celle des épandages directs.

- Les légumes tels que les arachides, doliques, soja, haricots mungos et pois chiches sont des agents de fixation du N très efficaces s'ils sont inoculés convenablement par la souche correcte de bactéries du genre Rhizobium ou s'ils sont cultivés sur des sols

ayant une bonne population naturelle en Rhizobium. Dans certains cas, toutefois, une application de démarrage en N de 15-25 kg/ha donne une action positive en nourrissant les plantes jusqu'à ce que les bactéries Rhibozium commencent à fixer le N (environ 2 à 3 semaines après l'émergence des plantes). De telles réactions sont plutôt exceptionnelles et sont plus susceptibles de se produire sur des sols sableux.

Les haricots (Phaseolus vulgaris) sont moins efficaces à fixer le N et peuvent consommer de 50-60 kg/ha de N.

- Les compétences de gestion d'un exploitant est un facteur très important. On ne doit pas encourager un exploitant à utiliser une dose élevée en engrais s'il n'est pas disposé à utiliser d'autres méthodes complémentaires pour l'amélioration des rendements.

Tableau 8

Indications générales pour des taux faibles, moyens et forts de N-P-K

	FAIBLES	MOYENS	FORTS
	(livres/acre ou kilos/hectare)*		
N^2	35-55	60-90	100 +
P_2O_5	25-35	40-60	70 +
K_2O	30-40	50-70	80 +

*Quand on convertit les livres par acre en kilos par hectare, les valeurs sont presque équivalentes, en ce qui concerne le but de ce Tableau en tout cas. kg/ha X 0,89 = livre/acre.

RECOMMANDATIONS D'UTILISATION DES ENGRAIS A L'INTENTION DES CULTURES SPECIFIQUES

Maïs

Action des engrais

Si on commence sur la base d'un rendement faible de l'ordre de 1.000 à 1.500 kg/ha de maïs égréné, il faut

s'attendre à une augmentation d'environ 25-50 kg par kg de N appliqué et pour obtenir des rendements de l'ordre de 4.000-5.000 kg/ha. Avec des doses d'épandage plus fortes, l'action des engrais sur les cultures tombe à des valeurs inférieures. De telles augmentations de rendement se réaliseront si :

- D'autres éléments nutritifs tels que P et K sont fournis selon les besoins, l'humidité du sol est suffisante, une variété sensible est utilisée, et s'il n'y a pas de facteurs limitatifs sérieux tels que les insectes, les maladies, les mauvaises herbes, le pH du sol, l'assèchement, etc.
- Les engrais sont appliqués correctement et au bon moment.

Si la réponse tombe au-dessous du niveau de 25-50, ceci veut dire que des facteurs sérieux de limitation sont présents ou qu'une dose en N trop élevée a été utilisée.

Le Tableau 8 peut servir de guide, mais le sol doit être essayé chaque fois que c'est possible. Des études ont montré que le maïs peut utiliser efficacement du P introduit de manière localisée (en bandes, en demi-cercle, en trous) jusqu'à environ 50-60 kg/ha de P_2O_5.

Micro-éléments : A l'exception du zinc, le maïs n'est pas très susceptible aux carences en micro-éléments.

On peut confirmer une carence en zinc en vaporisant une vingtaine de plantes avec une solution constituée d'une cuillerée à soupe (15 cc) de sulfate de zinc dans environ quatre litres d'eau contenant environ 5 cc de détergent liquide pour la vaisselle utilisé comme un agent de mouillage. Si le zinc est le seul élément nutritif manquant, les nouvelles feuilles vont avoir une couleur verte normale quand elles poussent.

Tableau 9

Source de zinc	% Zinc	Dose requise	Méthode d'épandage
Monohydrate de de sulfate de zinc	23%	8-12 kg/ha (lbs./acre)	mélangé à l'engrais de semis et appliqué localement
Heptahydrate de sulfate de zinc	35%	6-9 kg/ha (lbs./acre)	mélangé à l'engrais de semis et appliqué localement
Oxyde de zinc	78%	2,5-4 kg/ha (lbs./acre)	mélangé à l'engrais de semis et appliqué localement
Sulfate de zinc	23%, 35%	350-500 gr/ 100 litres d'eau plus un agent de mouillage	Foliaire ; vaporiser les feuilles ; peut causer la brûlure des feuilles dans certaines conditions

Sorgho

Réaction aux engrais : Le sorgho aura une réaction analogue à celle du maïs, si la teneur en eau est suffisament élevée et si des variétés améliorées sont utilisées. Comme toujours, on doit encourager les exploitants à mener des essais du sol d'abord plutôt que de se fier aux recommandations générales.

Les besoins en éléments nutritifs sont analogues à ceux du maïs, sauf que le sorgho est plus susceptible à une carence en fer. L'action du fer ajouté au sol a rarement une action sur les carences en fer à moins d'utiliser des formes spéciales (organiques et plus chères) pour assurer une protection contre la fixation. On doit traiter les carences en vaporisant les plantes avec une solution de 2 à 2,5 kg de sulfate de fer dans 100 litres d'eau avec un agent mouillant en quantités suffisantes pour assurer une application suffisamment uniforme. Procéder à la vaporisation dès les premiers symptômes ; plusieurs traitements pourront être nécessaires

pendant la période de croissance dans le cas d'une carence grave des sols.

Les graines et les plants de sorgho sont plus vulnérables à la brûlure d'engrais que le maïs. Si on fait plus d'une récolte par plantation, il faudra épandre la totalité du P et du K au moment de la plantation avec des doses en N de 30-50 kg/ha. Il faudra procéder à une deuxième application de 30-50 kg de N/ha 30 jours plus tard. 25 à 30 jours après la première moisson, épandre une dose de 30-50 kg de N/ha.

Millet

Réaction aux engrais : Une faible humidité du sol joue un rôle important dans la limitation de l'action des engrais. En général, la réaction des variétés traditionnelles est moins forte. Des études effectuées par l'ICRISAT en Inde ont montré que les variétés améliorées du millet (P. glaucum) avaient une réaction à des doses en N de l'ordre de 160 kg/hectare dans des conditions d'humidité suffisamment élevée, mais que d'autres types traditionnels montraient rarement une réaction nette au-dessus de 40-80 kg/hectare. Les doses en N-P-K du Tableau 8 peuvent servir de guide, si l'on tient compte des facteurs d'humidité et de variété.

Arachides

Réaction aux engrais : Les arachides tendent à montrer des réactions assez imprévisibles aux engrais et souvent montrent une meilleure réaction aux résidus d'applications précédentes aux autres cultures de rotation.
Azote et formation des nodosités : Si le bon type de bactéries du genre Rhizobium est présent, les arachides peuvent normalement satisfaire à leurs propres besoins en N. Il y a deux exceptions :

- Si les parties asséchées du champ s'imbibent temporairement d'eau, les bactéries du genre Rhizobium peuvent mourir les unes après les autres et les plantes peuvent jaunir. L'apport d'une dose en N de 20-40 kg/ha peut être nécessaire pour faire subsister les végétaux jusqu'à ce que les bactéries se rétablissent plusieurs semaines plus tard.

- Dans certains cas (surtout sur les sols clairs, sableux), l'application d'une dose en N de 20-30 kg/ha au moment des semis semble avoir aidé les plantes à s'établir jusqu'à ce que les bactéries du genre Rhibozium commencent à assimiler du N trois semaines après l'émergence. Une telle application n'est pas souvent recommandée.

Pour s'assurer d'une bonne nodulosité, retirer les racines des plantes d'au moins 3 semaines et regarder s'il y a des groupes de nodosités succulentes (elles peuvent avoir la taille d'un petit pois) surtout autour de la racine pivotante. En couper une ou deux - si elles sont rougeâtres à l'intérieur, c'est signe qu'elles sont en train de fixer de l'azote.

Généralement, l'inoculation des semences n'est pas nécessaire si les arachides sont semées dans des terres qui ont déjà été plantées d'arachides, de doliques, de haricots de Lima, de haricots mungo ou de crotalaria dans les trois années précédentes. L'agent commercial d'inoculation se présente sous forme de poudre sèche de couleur foncée contenant du Rhizobium vivant et est vendu sous sachet étanche. La semence est placée dans un bassin, on la laisse s'imbiber d'eau pour assurer l'adhésion de l'agent d'inoculation (l'adhésion est facilitée également par l'addition d'un peu de mélasse). On mélange la quantité requise d'agent d'inoculation avec la semence et on la plante dans un délai de quelques heures. On peut tuer les bactéries en soumettant la semence à la lumière de soleil.
Phosphore et potassium : Etant donné l'aptitude exceptionnellement bonne des arachides à l'absorption des engrais résiduels provenant des cultures précédentes, l'action de ceux-ci sur les arachides n'est particulièrement efficace que dans le cas d'épandages directs de P et de teneurs en K très faibles. En effet, il est démontré que les teneurs en K

élevées dans la zone de formation des cosses peut augmenter le nombre d'éclatements (grains non remplis) à cause d'une déficience en calcium.

Calcium : Les arachides sont l'une des rares cultures dont le besoin en Ca est élevé. Les plantes de couleur vert clair ainsi qu'un pourcentage élevé d'éclatement peuvent montrer des signes d'une insuffisance en Ca. Le calcium ne passe pas de la plante aux cosses ; par contre chaque cosse doit absorber elle-même les teneurs requises. Le gypse (chaux sulfatée) fournit du Ca aux arachides étant donné qu'il est plus soluble que la chaux et n'exerce pas d'effet sur le pH du sol (l'emploi de la chaux pour fournir du Ca peut facilement mener à un pH trop élevé). Dans le cas des carences, la dose de gypse sec est en général de 600-800 kg/ha appliqué juste au-dessus du milieu de la rangée de plantation (il ne "brûlera" pas) sur une bande de 40-45 cm de largeur à n'importe quel moment entre les semis et la floraison. Le gypse fournit du soufre également.

Micro-éléments : Le bore et le manganèse sont les éléments les plus susceptibles à manquer (voir le Tableau 5). Le bore peut être toxique s'il est appliqué à des doses bien plus élevées que celles données au Tableau 10, surtout s'il est distribué en bandes.

Tableau 10

Doses en bore (B) et en manganèse (MN) recommandées pour les arachides cultivées sur des sols déficients

Substance	% B ou Mn	Dose Requise	Mode d'application
Borax	11% B	5-10 kg/ha	Mélangé à des poudres fongicides ou mélangé au gypse. Attention : une application locale de bore peut causer une blessure.
Solubor	20% B	2,75 kg/ha	Vaporiser les plantes
Sulfate de manganèse	26-28% Mn	15-20 kg/ha	Application en bandes aux rangées au moment des semis.
Sulfate de manganèse	26-28% Mn	5 kg/ha	Le vaporiser sur les feuilles des plantes ; employer un agent tensio-actif.
Sulfate de manganèse	26-28% Mn	15 kg/ha	Saupoudrer les plantes avec Mn finement broyé

Haricots
(Haricots nains)

Azote : Les haricots sont des fixateurs en N moins efficaces que les arachides ou les doliques et les doses en N recommandées tombent généralement à 40 à 80 kg/ha de N. Dans un essai du CIAT en Colombie en 1974, avec une dose en N de 40 kg/ha les rendements ont passé à 1.450 kg/ha par rapport à un rendement de 960 kg/ha sans N. On a trouvé que les sources d'engrais azotés produisant des acides tels que l'urée et le sulfate d'ammonium pouvaient augmenter les possibilités d'une toxicité d'aluminium et de manganèse dans le cas d'une mise en bandes à proximité de la rangée sur des sols très acides. On recommande dans ce cas d'épandre les engrais en les dispersant

davantage.

Phosphore : Les haricots possèdent un besoin un P élevé, et celui-ci est souvent l'élément nutritif le plus limitatif, surtout dans le cas de sols à capacité de fixation du P élevée. Un essai du CIAT en 1974 sur un tel sol a donné des rendements de 700 kg/ha sans P et de 1.800 kg/ha quand une dose en. P_2O_5 de 200 kg/ha avait été distribuée en bandes le long de la rangée. De telles doses en P élevées pourront être nécessaires sur des sols ayant des problèmes de fixation sérieux. Dans de telles conditions, une dose en P 10 fois plus forte pourrait être nécessaire pour avoir le même effet qu'un épandage en couverture.

Les carences en potassium sont rares dans le cas des haricots.

Une carence en magnésium peut avoir lieu sur des sols très acides ou sur ceux à teneur élevée en Ca et en K. On peut combattre cette carence en appliquant au sol du sulfate de magnésium à raison de 100 à 200 kg/ha ou de la magnésie à raison 20 à 30 kg/ha. Si le sol nécessite une opération de chaulage, l'emploi du calcaire dolomitique (20 à 45% de Mg) permettra de corriger le problème. Il convient d' épandre en couverture le calcaire dolomitique et la magnésie et de les enfouir en les labourant ou en binant avant les semis. Le sulfate de magnésium (l'epsomite) peut être épandu en bandes ou sur chaque côté des rangées. On peut tenter une application foliaire de sulfate de magnésium à raison de 1 kg pour 100 litres d'eau sur des cultures établies.

Micro-éléments : Les haricots sont plus sensibles aux carences en magnanèse, en zinc, et en bore (voir le Tableau 5). Les sensibilités sont variables en fonction des variétés.

Doses en zinc : Mêmes que pour le maïs.

Manganèse : Mêmes que pour les arachides.

Bore : Epandage de bore à raison de 10 kg/ha en bandes

avec l'application d'engrais le long des rangées au moment des semis ou de Solubor (20% B) à raison de 1kg par 100 litres d'eau vaporisé sur les plantes.

La toxicité du manganèse est parfois problématique sur des sols très acides, surtout si ceux-si ne sont pas bien asséchés. Les symptômes sont difficiles à distinguer de ceux d'une carence en zinc ou en magnésium. Les haricots sont également très sensibles à la toxicité d'aluminium se produisant à un pH inférieur à 5,2 à 5,5, et le chaulage du sol est la seule méthode de contrôle. Si la toxicité d'aluminium est grave, les plantes peuvent mourir peu après leur émergence. Dans certains cas modérés, les feuilles du bas jaunissent de façon uniforme et les bordures des feuilles meurent, la croissance des plantes s'atrophie, et les rendements peuvent baisser de manière spectaculaire.

Doliques

Les épandages de N sur les doliques couverts de nodosités n'exercent pas d'action notable, bien qu'une dose de démarrage en N de 10 kg/ha donne parfois de bons résultats.

CHAULAGE

Les sols avec un pH inférieur à 5,0 à 5,0 (selon le sol) peuvent exercer une influence néfaste sur la croissance des cultures de quatre façons :

- Toxicités d'aluminium, de manganèse, et du fer : La solubilité de ces trois éléments est d'autant plus élevée que le pH du sol est faible et ceux-ci peuvent exercer une action toxique sur les végétaux dans le cas d'un pH inférieur à 5,0 à 5,5. Les haricots sont surtout sensibles à la toxicité d'aluminium, ce qui est le facteur de limitation des rendements le plus important dans certaines régions. De nombreux laboratoires du sol effectuent des essais pour déterminer les teneurs en aluminium solubles dans des échantillons très acides. Les toxicités du manganèse et du fer peuvent être grave

également, mais en général ne présentent pas de problème, sauf dans le cas d'un sol mal asséché.

- En général, les sols très acides possèdent une faible teneur en P disponible et une grande capacité de fixation du P ajouté en formant des composés insolubles avec du fer et de l'aluminium.

- Bien que les sols acides possèdent en général une teneur en calcium suffisament élevée pour subvenir aux besoins des plantes (à l'exception des arachides), ils sont susceptibles de présenter une teneur faible en magnésium et en soufre et en molybdenum disponibles.

- Un faible pH du sol réduit l'action d'un grand nombre de microbes bénéfiques du sol, tels que ceux qui transforment le N, P, et le S indisponibles en des substances minérales disponibles.

Le maïs et les doliques peuvent tolérer l'acidité d'un sol ayant un pH de l'ordre de 5,0 à 5,5 en fonction de la teneur en aluminium soluble du sol. Le sorgho est quelque peu plus tolérant à l'acidité du sol que le maïs. Les arachides poussent bien dans les sols ayant un pH aussi bas que 4,8-5,0 à cause de leur tolérance relativement bonne à l'aluminium. De toutes les cultures de référence, les haricots sont les plus sensibles à l'acidité du sol, et les rendements tombent en général à partir d'un pH du sol de 5,3 à 5,5.

Où est-on susceptible de trouver des sols acides?

Les sols situés dans des zones de précipitations plus fortes sont susceptibles d'être légèrement acides à très acides étant donné qu'une grande quantité de calcium et de magnésium peuvent être progressivement lessivés par les précipitations. Ceux des régions plus sèches sont susceptibles d'être alcalins ou seulement légèrement acides à cause d'un lessivage moins intense.

L'emploi continu d'engrais azotés, qu'ils soient chimiques ou organiques, finira par réduire le pH du sol suffisamment pour exiger une opération de chaulage. Le

nitrate de calcium, le nitrate de potassium et le nitrate de soude sont les seules exceptions et sont en général trop chers ou indisponibles.

Comment déterminer si une opération de chaulage est nécessaire

On peut mesurer le pH du sol d'un champ de façon assez précise à l'aide d'une trousse à index liquide ou par un vérificateur électrique. Ceux-ci sont utiles pour le diagnostic des problèmes, mais ils présentent deux inconvénients :

- Le pH du sol n'est pas le seul critère permettant de déterminer si une opération de chaulage est nécessaire. La teneur en aluminium soluble (aluminium échangeable) du sol est probablement plus important, et les trousses portatives de mesure du pH ne peuvent pas le mesurer. Un sol avec un pH de 5,0 ou moins peut être acceptable pour la croissance de la plupart des cultures dans le cas d'une faible teneur en alumnium échangeable. D'un autre côté, un autre sol avec un pH de 5,3 peut exiger une opération de chaulage à cause de l'aluminium excédentaire. Seuls les laboratoires du sol permettront de le déterminer.

- La teneur en chaux nécessaire pour pouvoir augmenter le pH du sol en unité varie énormément selon le type de sol considéré. Un certain type du sol peut exiger une teneur en chaux huit à dix fois plus élevée qu'un autre pour obtenir la même augmentation du pH, bien qu'ils possèdent tous deux le même valeur de pH d'origine. La teneur en chaux requise est fonction de la valeur de la charge négative qui varie en fonction de la consistance, des types de minéraux argileux et de la teneur en humus. Seuls les laboratoires du sol permettront de la déterminer.

Calcul de la quantité de chaux nécessaire

Qu'on se base sur les résultats du laboratoire ou sur les recommandations, certains ajustements seront toujours nécessaires en ce qui concerne la finesse, la pureté et la

valeur neutralisante de la substance utilisée :

- Valeur neutralisante : En se basant sur des valeurs plus pures, on trouvera ci-dessous les valeurs neutralisantes de quatre substances de chaulage :

Substance	Valeur Neutralisante (Par rapport au calcaire)
Calcaire (carbonate de calcium)	100%
Calcaire dolomitique (carbonate de Ca + de Mg)	109%
Chaux hydratée (hydroxyde de calcium)	136%
Chaux brûlée (Oxyde de calcium)	179%

Ceci veut dire que 2.000 kg de chaux brûlée agissent sur le pH de la même façon que 3.580 kg d'un calcaire de pureté égale (2.000 kg x 1,79 = 3.580 kg).

- La finesse de la substance a une grande incidence sur la vitesse de sa réaction avec le sol. Même pour une substance finement broyée il faudra attendre deux à six mois pour voir son effet sur le pH du sol.

- Pureté : A moins qu'elle ne porte une étiquette de guarantie, il est difficile d'estimer la pureté d'une substance sans la soumettre à une analyse de laboratoire.

Comment, quand, et à quelle fréquence effectuer un chaulage

- On doit épandre la chaux sur le sol en couverture uniforme puis l'enfouir profondément (15 à 20 cm) dans le sol en la labourant ou en la binant. Une opération de hersage seule ne permettra d'enfouir la substance dans le sol qu'à une profondeur équivalente à la moitié de celle obtenue avec un labourage. Il faudra utiliser une charrue à disques ou une charrue à versoir et non pas une charrue en bois ou une charrue à ciseau. Dans le cas d'un épandage manuel, il convient de diviser la quantité en deux de façon à en épandre une partie en longueur et l'autre en largeur. Il faudra porter un masque protecteur car la chaux hydratée peut causer des brûlures graves.

- Quand cela est possible, on doit utiliser une substance de chaulage sous forme dolomitique pour éviter de créer une carence en magnésium.

- Il faudra épandre les substances de chaulage au moins deux à six semaines avant les semis, surtout si la substance n'est pas bien broyée.

- Une opération de chaulage pourra être nécessaire sur certains sols tous les deux à cinq ans, surtout si des doses élevées en engrais azotés, du fumier ou du compost sont utilisées. Des sols sableux nécessiteront une opération de chaulage plus fréquente que les sols argileux, étant donné qu'ils ont une capacité tampon moins élevée, mais d'un autre côté, les sols sableux nécessiteront des doses plus faibles.

NE PAS SURCHAULER!

- Ne jamais porter le pH du sol à une valeur supérieure à 6,5 dans une opération de chaulage.

- Ne jamais augmenter le pH par plus d'une unité à la fois (c'est-à-dire de 4,6 à 4,6, etc.). Il ne faudra porter le pH qu'à 5,5 à 6,0 pour obtenir de bons rendements d'une culture sensible à l'aluminium telles que les haricots.

Des apports excédentaires en chaux peuvent avoir des effets plus nuisibles qu'une absence de chaulage et ceci pour plusieurs raisons :

- En faisant passer le pH à une valeur supérieure à 6,5, on augmente la possibilité de carence en micro-éléments, en particulier le fer, le manganèse, et le zinc ; le molybdenum fait exception.

- La disponibilité du phosphore commence à baisser une fois que le pH passe à une valeur supérieure à 6,5 à cause de la formation des composés de calcium et de magnésium relativement insolubles.

- Le chaulage stimule l'activité des microbes du sol et augmente la perte des substances organiques par décomposition.

GESTION DES EAUX

Besoins en eau des cultures de référence

Différences relatives : Le millet possède la meilleure résistance à la sécheresse des trois céréales, suivi par le

sorgho puis le maïs. Parmi les légumineuses, les doliques et les arachides sont supérieurs aux haricots ordinaires à cet égard.

Périodes de demande en eau critiques : La période critique de demande en eau relative pour toutes les cultures de référence en ce qui concerne son effet sur le rendement et son utilisation maximale se situe à partir du moment de la floraison jusqu'à la phase de pâte molle des céréales. Dans des conditions de faible humidité et de températures élevées, la consommation totale en eau (évaporation des sols et transpiration des plantes) peut atteindre 9 à 10 cm par jour au cours de la phase de floraison et de remplissage des grains.

Effet de la contrainte d'humidité sur les rendements : Les cultures peuvent surmonter les effets de la contrainte d'humidité se produisant tôt dans la saison, mais elle diminue les rendements sensiblement si elle se produit pendant la floraison et le remplissage des grains. Un flétrissement du maïs pendant la période de formation des aigrettes pendant un ou deux jours peut entraîner une réduction maximum du rendement de 22% ; un flétrissement durant 6 à 8 jours entraînera une réduction de 50%.

Symptômes de contrainte d'humidité

- Les feuilles du maïs, du sorgho et du millet vont commencer à s'enrouler dans le sens de la longueur, et les plantes prennent une couleur verte bleutée. Souvent les feuilles du bas se dessèchent et meurent. (Cela s'appelle la "cuisson" et c'est en réalité une carence en azote provoquée par la sécheresse).

- Les légumineuses prennent également une couleur verte bleutée et le flétrissement des feuilles est d'autant plus important que la contrainte d'humidité augmente. Une "cuisson" peut se produire également.

Facteurs ayant une incidence sur la probabilité d'une contrainte d'humidité

- Le schéma et la quantité des pluies : Voir le paragraphe sur les précipitations au Chapitre 2.

- Consistance du sol : Ce facteur exerce une grande influence sur la capacité de rétention d'eau. Les limons argileux et les sols argileux peuvent retenir deux fois plus d'eau disponible par pied de profondeur que les sols sableux.

- Profondeur du sol : Les sols profonds peuvent retenir davantage d'eau que les sols peu profonds et ils donnent une profondeur d'enracinement plus importante permettant d'utiliser l'eau.

- Inclinaison du sol : Une grande quantité d'eau peut être perdue par le ruissellement de l'eau sur les sols en pente.

- Température, humidité et vent : Le taux de consommation d'humidité et les pertes d'évaporation du sol sont d'autant plus importants que l'humidité est faible, la température élevée et le vent fort.

Tenir un relevé des précipitations

La quantité et la distribution des pluies ayant une si grande incidence sur les rendements des cultures, il est très utile de tenir un relevé des précipitations aux divers emplacements géographiques de la zone de travail. Il faudra encourager les exploitants clients les plus progressistes à tenir leurs propres relevés.

Estimation des précipitations : Des averses produisant moins de 6 mm ont généralement peu d'effet sur l'humidité d'une culture, car elles ne pénètrent pas très profondément dans le sol et elles s'évaporent très vite. Par exemple, une hauteur des pluies de 5 mm ne pénétra que 20 mm environ dans une sol sec argileux et 40 mm dans un sol sec sableux.

Amélioration de l'efficacité d'utilisation d'eau

Dans les zones où la saison des pluies est courte, l'emploi des variétés à maturité précoce est une bonne tactique. Il convient de synchroniser les dates de plantation de façon à ce que les périodes de contrainte d'humidité ne correspondent pas aux stades critiques des cultures telles que la pollinisation.

Une étude effectuée au Kenia a montré qu'une baisse de

rendement de 5 à 6% correspondait à un jour de retard dans la plantation du maïs après le début des pluies (dans une zone à saison courte). Dans les zones où la saison des pluies est suffisamment longue, mais présentant des périodes de contrainte d'humidité, certains services de vulgarisation recommandent la mise en culture de deux variétés ou plus avec des périodes de maturité différentes de manière à réduire le risque d'un échec total de la culture.

Sur les sols en pente, des mesures de conservation des sols telles que la culture en terrasse, ou les systèmes de fossés et de talus permettront d'améliorer la rétention d'eau et de réduire les pertes de sol. La lutte contre les mauvaises herbes pendant et entre les périodes de culture permettra de réduire la consommation d'eau. Dans les zones semi-arides tels que le Sahel, il faudra éviter un labour profond si le sous-sol est humide. L'emploi d'engrais permettra d'augmenter l'efficacité d'absorption de l'humidité en favorisant un enracinement plus profond. Cependant les cultures ne pourront pas utiliser autant d'engrais (l'azote surtout) quand l'eau est un facteur limitatif.

La populations de plantation optimale est moins dense dans des conditions de précipitations peu importantes et de faible probabilité de contrainte d'humidité.

On peut augmenter les rendements des zones plus sèches en fumant la surface du sol avec une couche de 5,0 à 7,5 mm de résidus de cultures.

Directives pour l'amélioration de l'efficacité de consommation d'eau dans le cas d'une irrigation en tranchées

Pour pouvoir satisfaire à tous les besoins en irrigation des cultures, il faudra procéder à une première irrigation atteignant la profondeur maximale du

développement prévu des racines avant de planter la culture. L'humidité retenue dans le sous-sol est en général protégée contre les pertes par évaporation sauf dans le cas de la formation de crevasses du sol pendant son séchage. Les pertes par lessivage seront négligeables si une quantité adéquate d'eau est apportée étant donné que seule l'eau excédentaire descend par la force de la gravité - le reste étant conservé par les pores du sol.

Il faudra éviter une irrigation fréquente, peu profonde car celle-ci a pour effet d'augmenter les pertes par évaporation et de limiter la profondeur de croissance des racines. Une irrigation peu profonde favorise l'accumulation des sels nuisibles dans les climats secs ; une irrigation fréquente favorise la diffusion des maladies fongueuses et bactériennes. Mais il peut s'avérer nécessaire de procéder à une irrigation fréquente pendant les premières phases de la croissance des cultures jusqu'à une croissance suffisante des racines.

6 Lutte contre les parasites et les maladies

LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES

Comment les mauvaises herbes peuvent faire baisser les rendements agricoles

De nombreux essais menés aux U.S.A. ont montré des pertes de rendement du maïs de l'ordre de 41 à 86% lorsque la croissance des mauvaises herbes n'était pas contrôlée. Un essai de culture mené au Kenya a donné les résultats de production suivants : 370 kg de maïs/ha sans contrôle des mauvaises herbes comparé à 3.000 kg/ha sur des terrains nettoyés et désherbés. Un essai mené par le CIAT sur la culture des haricots en Colombie a montré une baisse de production de 83% sans désherbage.

Naturellement, tous les exploitants désherbent leurs champs de culture, jusqu'à un certain point en tous cas, mais la plupart d'entre eux pourraient augmenter leurs rendements de production agricole de façon significative s'ils y consacraient un plus gros effort de temps de

travail. Une étude menée par l'Université d'Illinois (U.S.A.) a conclu que la présence d'une seule plante d'herbe à cochon tous les mètres réduisait le rendement du maïs à la production de 440 kg/ha. Quand elles atteignent une hauteur de quelques centimètres seulement, les mauvaises herbes ont déjà affecté la récolte. Les mauvaises herbes réduisent le rendement à la production de plusieurs façons :

- Elles sont en concurrence avec la culture en ce qui concerne leur accès à l'eau, à la lumière du soleil et aux éléments nutritifs nécessaires à leur croissance.
- Elles donnent refuge aux insectes, et certaines mauvaises herbes sont porteuses de maladies affectant les cultures (les virus en particulier).
- Une infestation importante peut gêner de façon sérieuse une récolte faite avec des machines.
- Certaines mauvaises herbes comme la Striga (herbe à sorcière) sont parasitaires et sont responsables du jaunissement, du fanage et de la perte de vigueur des plantes.

Aptitude relative à la concurrence des cultures de référence

Les cultures qui démarrent lentement, comme les arachides, le millet et le sorgho se défendent mal contre la concurrence des mauvaises herbes au cours de leurs premières semaines de croissance. Les cultures qui poussent lentement, comme les arachides et les haricots et pois sauvages buissonnants sont cependant relativement efficaces à prévenir la croissance supplémentaire des mauvaises herbes une fois qu'elles ont suffisamment poussé pour ombrager entièrement l'espace entre les rangées de plantation. Cependant, les mauvaises herbes qui poussent très en hauteur et qui n'ont pas été adéquatement contrôlées de bonne heure peuvent facilement rattraper les cultures "courtes" si on les laisse continuer à pousser.

Ce qu'il faut savoir sur les mauvaises herbes

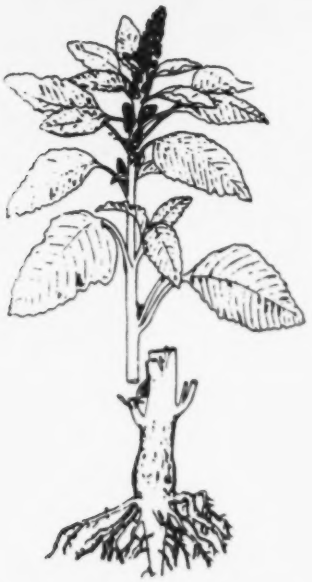
Feuilles larges/feuilles d'herbe

Les mauvaises herbes à feuilles larges ont des feuilles

larges (ou ovales) comportant des veines formant un dessin ressemblant à une plume. Les mauvaises herbes à feuilles d'herbe sont vraiment des herbes (graminées) et ont des feuilles longues et étroites parcourues de haut en bas par des veines formant un dessin parallèle. Certaines mauvaises herbes, comme la laîche (carex) n'appartiennent à aucune de ces catégories ; ce sont des souchets (famille des Cypéracées), comportant tous des tiges triangulaires. Certains herbicides chimiques sont plus efficaces sur les mauvaises herbes à feuilles larges, tandis que d'autres permettent mieux de contrôler la croissance des types à feuilles d'herbe.

Comment les mauvaises se reproduisent et se propagent
Variétés annuelles/variétés persistantes

Les variétés annuelles de mauvaises herbes ne vivent qu'un an environ et se reproduisent par graines ; elles sont les plus communes parmi celles trouvées dans les champs. Aux tropiques, les variétés annuelles de mauvaises herbes peuvent vivre plus d'un an si les précipitations sont suffisantes. La plupart des variétés annuelles produisent une quantité considérable de graines, dont certaines peuvent attendre plusieurs années avant de germer. Lorsque le sol est travaillé à la binette ou au passage de la charrue ou du cultivateur pour tuer les mauvaises herbes, on en détruit une série, mais une quantité supplémentaire de graines de mauvaises herbes est ramenée plus près de la surface du sol où elles peuvent germer.



Herbe à Cochon, Racine Rouge
(Amaranthus retroflexus)

Exemple de variété annuelle à feuilles larges ; la reproduction se fait par graines.

Souchet Jaune
(Cyperus esculentus)

Exemple du type laîche. Les tiges principales des souchets sont de forme triangulaire. Ce type particulier se reproduit par graines et également sous le sol sous forme de "boules" qui viennent former de nouvelles plantes

Herbe des Bermudes,
Herbe du Démon (Cynodon dactylon)

Exemple de variété persistante à feuilles d'herbe ; la reproduction se fait par stolons au-dessus du sol ainsi que par graines.

Les variétés annuelles de mauvaises herbes doivent être contrôlées avant qu'elles ne produisent des graines. Même dans ces conditions, il est impossible de se débarrasser de façon permanente des variétés annuelles, la plupart des champs contenant des millions de graines de mauvaises herbes attendant de germer, et ces réserves étant constamment réapprovisionnées par des quantités supplémentaires de graines apportées par le vent, l'eau, les animaux, le fumier animal et des graines de culture contaminées.

Les variétés persistantes de mauvaises herbes vivent plus de deux ans. La plupart produisent des graines, mais un grand nombre d'entre elles se propagent également par tiges rampantes sur la surface du sol (stolons) et par tiges rampantes sous le sol (rhizomes). Le binage ou une culture mécanisée peut en fait les aider à se propager dans le champ. Un grand nombre d'herbicides ne permettent de se débarrasser que de ce qui pousse au-dessus du sol, et il y a généralement suffisamment d'éléments nutritifs dans le sous-sol pour continuer leur propagation.

Comment identifier les mauvaises herbes

Là où la croissance des mauvaises est contrôlée par binage ou culture mécanisée, leur identification spécifique n'a généralement guère d'importance. Par contre, là où on emploie un contrôle chimique, il est important que l'exploitant ainsi que le travailleur des services de vulgarisation aient une idée précise du type d'herbes dont ils essaient de se débarrasser, les herbicides ne permettant pas un contrôle généralisé de celles-ci. (Se reporter à la bibliographie pour aider à l'identification des mauvaises herbes).

Méthodes de lutte contre les mauvaises herbes

Brûlage

Lorsque le terrain est nettoyé par brûlage, les variétés annuelles de mauvaises herbes qui sont présentes sont détruites en même temps que celles de leurs graines se trouvant très près de la surface du sol. Cependant, le brûlage ne permet pas de se débarrasser des graines ni des parties reproductrices des variétés persistantes de mauvaises herbes se trouvant sous le sol si celles-ci sont à une profondeur de plus de 4 à 5 cm. De plus, comme la végétation dont on se débarrasse est souvent disposée en andains (rangées) ou en tas avant de la brûler, une grande partie du sol peut ne pas être affectée par le feu. Certaines herbes tropicales persistantes comme l'herbe de Guinée (Panicum Maximum) et le chiendent (Imperata cylindrica) sont en fait stimulées et leur croissance intensifiée par le brûlage. D'un autre côté, les mauvaises herbes peuvent constituer un problème moins important dans des conditions d'exploitattion par abattage/brûlage, le sol n'étant pas généralement labouré, ce qui a tendance à ramener à la surface du sol davantage de graines de mauvaises herbes.

Fumage

Le fumage de la surface du sol avec une couche de 5 à 10 cm de résidus de récolte, de mauvaises herbes détruites ou d'herbe peut constituer un contrôle très efficace de la poussée de mauvaises herbes et présente un certain nombres d'autres avantages :

- o L'érosion est grandement réduite sur les sols en pente.
- o La perte d'eau du sol par évaporation et écoulement de l'eau est également grandement réduite.
- o Dans les régions très chaudes, les températures du sol baissent pour parvenir à un niveau plus bénéfique à la croissance de la culture.
- o La matière organique se trouve tôt ou tard ajoutée au sol. Dans des essais menés par l'IIAT au Nigéria, on a trouvé

que le fumage augmentait le rendement du maïs de 23 à 45% et réduisait grandement les gros besoins en main-d'oeuvre lors du désherbage manuel qui constitue 50 à 70% des heures de travail nécessaires à la culture du maïs dans cette région.

Ombrage (le principe de la culture en rangées)

En disposant les cultures en rangées de plantation, on facilite le désherbage manuel, mais on rend également possible une culture mécanisée (pour le désherbage) utilisant un équipement tiré par un tracteur ou par un animal. De plus, les rangées permettent à la culture d'exercer une meilleure concurrence pour l'accès à l'ombre avec les mauvaises herbes.

Désherbage à la binette ou au machete

Le désherbage utilisant des outils manuels est une méthode efficace si une main-d'oeuvre suffisante est disponible. Il n'est pas rare cependant, pour les petits exploitants qui utilisent cette méthode, d'être en retard dans leur travail de désherbage et le rendement à la production des récoltes en pâtit souvent.

Désherbage utilisant un équipement à traction animale ou mécanique

Les herses à disques, les cultivateurs de plein champ et les herses à dents peuvent constituer un excellent moyen de désherber avant de procéder à l'ensemencement. La herse à dents peut également être utilisée pour détruire les jeunes pousses de mauvaises herbes qui émergent jusqu'au moment où la culture atteint 7,5 à 10 cm de hauteur sans trop endommager celle-ci.

Des cultivateurs de rangées à traction animale ou mécanique peuvent être utilisés à partir du moment où la culture a atteint quelques centimètres de hauteur. Ils font un travail de désherbage plus rapide que lorsqu'on procède à la main, et un modèle à traction animale travaillant une rangée à la fois peut aisément couvrir 3 à 4 hectares/jour à moins que les rangées ne soient très

étroites. On peut également les régler pour qu'ils rejettent le sol retourné dans la rangée-même, ce qui permet de détruire les petites mauvaises herbes en les enterrant. Si on les fait passer trop en profondeur ou trop près de la rangée, on peut être confronté avec un sérieux problème d'élagage accidentel (en coupant les racines des plantes cultivées au cours du passage du cultivateur entre les rangées de plantation).

Herbicides

Les herbicides peuvent grandement réduire les besoins en main-d'oeuvre et permettre à l'exploitant de cultiver une surface plus importante. Ils évitent également l'élagage accidentel des racines, le tassement du sol et la réduction du nombres des plantes cultivées qui sont causés par l'utilisation d'outils manuels ou d'équipement mécanisé. Dans un certain nombre de cas, l'emploi d'herbicides comme l'atrazine est plus rentable que celui de la main-d'oeuvre nécessaire à un désherbage manuel dans les pays en voie de développement. Des méthodes améliorées pour l'application d'herbicides par l'exploitant (sous forme de granulés ou de petits vaporisateurs) sont mis au point à l'heure actuelle par l'IIAT.

Les herbicides présentent un certain nombre d' inconvénients qu'il faudra prendre en considération lors du travail avec les petits exploitants :

- Ils sont moins sûrs quant à leurs résultats qu'un désherbage manuel ou mécanisé et nécessitent une application soigneuse et précise. Les petits exploitants peuvent utiliser des vaporisateurs portés sur le dos, mais cela requiert une certaine formation.
- Un désherbage est rarement complet. La plupart des herbicides ne sont pas efficaces pour toutes les mauvaise herbes ; il est donc important d'analyser le type des espèces locales présentes avant de choisir un produit particulier.
- La majorité des herbicides appliqués au sol ont besoin d'une certaine quantité de pluie dans la semaine suivant leur application pour disséminer le produit chimique dans

la zone de germination des graines de mauvaises herbes. D'autres ont besoin d'être immédiatement incorporés au sol avec une herse à disque ou un rotocultivateur.

- Une application mal faite peut endommager la culture.
- Presque aucun herbicide ne convient à des conditions de polyculture combinant céréales et légumineuses car il peut endommager la culture. Ces produits sont spécifiques à un type de culture et à un type de mauvaise herbe.
- Les exploitants qui utilisent des herbicides sans formation adéquate et sans faire attention peuvent s'exposer, ainsi que l'environnement, à des risques sérieux, car il s'agit de manipuler des produits chimiques toxiques.

Recommandations générales pour un désherbage non-chimique des cultures de référence

Désherbage avant la plantation

Un bon travail de désherbage commence avec l'ensemencement d'une culture dans une couche de semis débarrassée de toutes mauvaises herbes. Cela signifie que lorsque l'ensemencement se fait dans un sol labouré (par opposition à une culture par simple abattage et brûlage), le champ doit être travaillé (passage de la charrue, hersage, binage, etc..) aussi près que possible du moment de la plantation. Cela permet aux jeunes plants d'avoir "une longueur d'avance" sur les mauvaises herbes à venir, ce qui est particulièrement important dans les deux conditions suivantes :

- Cultures qui démarrent lentement (sorgho, millet, arachides) : Ces cultures sont très vulnérables à une concurrence précoce avec les mauvaises herbes.
- Désherbage utilisant un cultivateur à traction animale ou mécanique : Ces cultivateurs ne sont

efficaces pour le désherbage des rangées de plantation que s'ils ramènent la terre au-dessus des mauvaises herbes pour les enfouir. Cela signifie qu'il faudra attendre que la culture ait atteint une certaine hauteur (généralement plus de 5 cm) pour qu'elle ne se trouve pas enfouie également. Le problème est que les mauvaises herbes qui sont déjà présentes ou qui s'apprêtent à émerger peuvent parvenir à une certaine hauteur leur permettant d'échapper à l'enfouissement quand il sera possible de passer avec un cultivateur.

Un hersage fréquent avant la plantation ne permet guère de réduire la présence potentielle de mauvaises herbes dans un champ ; il peut également augmenter le tassement du sol et détruire une partie de la couche arable en accélérant la perte de matières organiques.

Comment utiliser une herse à dents sur des jeunes plants ou sur des semis qui émergent

Si une quantité importante de mauvaises herbes émergent au même moment que la culture, un travail peu profond de la surface entière du sol (y compris des rangées-mêmes de plantation) à l'aide d'une herse à dents (herse à piques) peut constituer la meilleure solution si un désherbage manuel est inadéquat ou trop onéreux. Cette méthode convient le mieux aux cultures ensemencées à au moins 40 à 50 cm de profondeur et peut être utilisée deux ou trois jours après la plantation jusqu'au moment où la culture atteint 7,5 à 10 cm de hauteur.

Les arachides et les haricots, dont les tiges sont fragiles, sont plus vulnérables que le maïs et le sorgho, et il faudra prendre certaines précautions (voir ci-dessous). Le millet est généralement planté trop peu en profondeur pour bien tolérer cette méthode.

Recommandations générales pour l'utilisation de la herse à dents pour ce type de désherbage :

- Les mauvaises herbes doivent tout juste émerger du sol ou bien être encore très petites.
- Si le sol est très humide et que le temps est nuageux, les

mauvaises herbes peuvent se trouver transplantées au lieu d'être détruites.

- La herse doit être passée juste assez profondément pour déraciner les jeunes plants minuscules de mauvaises herbes.
- Les haricots et les arachides sont plus facilement endommagés quand ils commencent à émerger et que leur tige comporte encore son coude (courbure).
- On s'exposera à moins de danger de dégâts si on passe la herse dans l'après-midi quand les plantes sont moins turgides (dures) et fragiles.
- Il faudra faire attention que l'animal de trait ou les pneux du tracteur ne piétine pas la rangée de plantation-même.

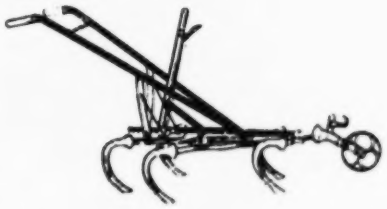
Si l'on passe la herse de cette façon une ou deux fois, on peut souvent éliminer un désherbage plus laborieux plus tard. L'utilisation de la herse avant l'émergence des plantes est également utile pour briser la croûte du sol qui peut gêner l'émergence. (Pour en savoir davantage sur la herse à dents, se reporter au manuel Traction Animale du PC/ICE).

Recommandations générales pour l'utilisation de cultivateurs à traction animale ou mécanique dans les rangées de plantation

Un grand nombre de cultivateurs à traction animale sont fabriqués en modèles travaillant une rangée à la fois et coûtent environ 100 à 200 $ U.S.A. Ils valent l'investissement qu'ils représentent car ils permettent de procéder à un désherbage plus rapide qu'il n'est possible avec des outils manuels. Un cultivateur travaillant une rangée à la fois peut aisément déherber 2 à 3 hectares par jour pour les cultures à larges rangées de plantation comme le maïs, le millet et le sorgho. Les modèles à traction animale sont disponibles soit sous forme d'outils à fonction unique soit sous forme de chassis

multi-fonctionnels comportant des accessoires pour le labour, le buttage et la culture.

Les cultivateurs à traction mécanique (tracteur) consistent généralement en un chassis sur lequel sont montés des lames de piochage. Les arrangements les plus communs permettent de travailler deux, quatre, six ou huit rangées à la fois. Il est important de se rappeler que ces arrangements pour le travail de plusieurs rangées à la fois requièrent un espacement uniforme des rangées de plantation pour éviter d'endommager les cultures.



Cultivateur à traction animale.
La largeur de travail peut être
réglée à l'aide du levier.

Palettes et rasettes de cultivateurs : Les cultivateurs, qu'ils soient à traction animale ou mécanique, utilisent des palettes et/ou des rasettes rattachées aux lames du cultivateur ; ce sont elles qui font le travail de désherbage. Quelques points importants qu'il faudra considérer :

- Les palettes doivent pénétrer plus en profondeur dans le sol pour faire un bon travail de désherbage. Elles rejettent plus de terre que la plupart des rasettes. Cela signifie que, dans le cas de l'emploi d'un tracteur, les palettes ne peuvent pas être opérées aussi près des rangées de plantation aussi rapidement que la plupart des rasettes.
- Les rasettes sont disponibles en largeurs allant jusqu'à

environ 50 cm. Cependant, l'exploitant a souvent plus intérêt à utiliser deux ou trois rasettes de largeur plus petites ou une combinaison de palettes et de rasettes pour travailler la surface entre les rangées. Ceci permet un désherbage plus efficace et un ajustement plus précis qu'il n'est généralement possible d'obtenir avec juste une rasette large. Les rasettes larges sont également plus fragiles et cassent plus facilement.

Recommandations générales pour le désherbage utilisant des cultivateurs de rangées

1. Si des racines de cultures sont coupées au passage du cultivateur, elles vont s'accumuler sur ses lames. Pour éviter une élagage accidentel des racines trop important, il faudra opérer les rasettes et les palettes aussi peu en profondeur et aussi loin des rangées de cultures que possible. La profondeur et la distance idéales vont varier selon la taille des cultures et la largeur des rangées de plantation. Par exemple, lorsque le maïs atteint 20 cm de hauteur, on peut passer le cultivateur jusqu'à 10 à 15 cm de ses tiges. Cependant, quand la culture atteint 75 cm de hauteur, le cultivateur passant à une telle profondeur peut élaguer un grand nombre de racines. La profondeur maximale à ce stade devra être de l'ordre de 5 à 7,5 cm. Les rasettes peuvent être passées moins profondément et plus près de la rangée de plantation que les palettes et faire un bon désherbage sans endommager les racines.

2. Les rasettes devront être réglées de façon à opérer presque à plat avec leurs extrémités tournées légèrement vers le bas. Lorsque leur pointe repose sur terre, les extrémités extérieures des ailettes doivent se trouver à environ 30 à 60 cm de la surface du sol.

3. Les mauvaises herbes devront être détruites aussitôt que possible pour éviter des pertes de rendement à la production et pour permettre un contrôle plus efficace, surtout pour les mauvaises herbes situées juste dans la rangée de plantation.

4. L'apport supplémentaire d'azote sera plus efficace s'il est appliqué juste avant le passage du cultivateur. L'engrais peut alors être mélangé à la terre pour empêcher les pertes dûes à un écoulement des eaux ou à une conversion en gaz ammoniac (c'est

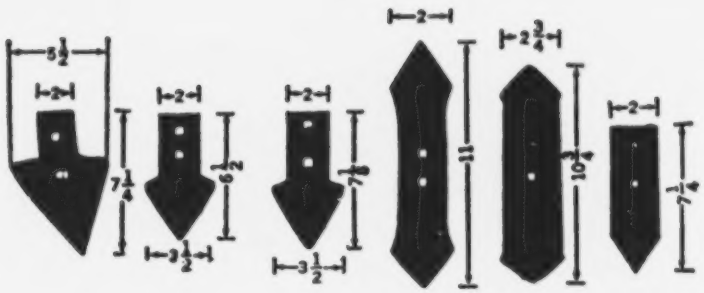
un problème avec l'urée).

Cultivateur à traction mécanique procédant au désherbage d'un champ de haricots. Ce modèle est monté au milieu, ce qui permet au conducteur de contrôler l'opération de désherbage sans avoir à se retourner. Remarquer les deux lames extérieures sur la barre arrière qui permettent de retourner le sol tassé par les pneux du tracteur.

5. Le cultivateur est plus efficace quand la surface du sol est sèche ; un sol humide ne détruit pas complètement les mauvaises herbes arrachées.

6. Le cultivateur devra être réglé pour rejeter assez de terre dans la rangée de plantation pour enfouir les mauvaises herbes de petite taille sans étouffer la culture. NE PAS REJETER LA TERRE DANS LES RANGEES DE PLANTATION D'ARACHIDES.

7. Le passage superflu du cultivateur peut endommager les cultures. Le but principal du cultivateur est de se débarrasser des mauvaises herbes, bien qu'il soit parfois utiliser pour briser la croûte du sol interférant avec l'absorption d'eau. Un passage excessif du cultivateur endommage les plantes et les racines, constitue une perte de temps et d'argent et augmente le tassement de la terre et la perte d'humus.



Différents types de palettes de cultivateur ; remarquer que certaines ont des pointes réversibles.

Différents types de rasettes. Elles peuvent varier en largeur. La hauteur du collet de la rasette détermine la quantité de terre qu'elle va rejeter. Les demi-rasettes sont utilisées près de la rangée de plantation pour aider à éviter d'endommager les cultures.

Emploi du cultivateur pour
les cultures de référence :
Recommandations générales

MAIS ET SORGHO : Dans un grand nombre de régions, ces deux cultures sont communément "buttées" au cours des passsages successifs du cultivateur pour obtenir un meilleur écoulement des eaux de surface et pour prévenir la verse.
HARICOTS : En rejetant de la terre dans la rangée de plantation, on contrôle non seulement la croissance de mauvaises herbes et assure un meilleur écoulement des eaux (ce qui est bon pour prévenir la pourriture des racines),

mais on aide également à promouvoir la croissance des racines secondaires. Cela est particulièrement bénéfique dans le cas où le réseau de racines primaires a été endommagé par la pourriture des racines. Ne pas passer le cultivateur dans un champ de haricots quand les feuilles sont humides, car cela augmente la propagation des maladies du feuillage comme l'anthracnose et la nielle bactérienne.

ARACHIDES : La terre ne doit pas être rejetée dans la rangée de plantation, surtout quand les plants d'arachides sont jeunes. Cette méthode endommage les tiges et enfouit une partie des jeunes branches, ce qui augmente considérablement l'exposition des plantes à la pourriture de la tige (Sclerotium rolfsii) et interfère également avec le développement normal des branches. Il n'est pas nécessaire de rejeter la terre dans la rangée si un désherbage est fait de façon adéquate en début de saison.

Le passage du cultivateur dans une couche de semis "à plat" évite de rejeter la terre dans la rangée. Le secret d'une culture à plat est un bon désherbage en début de saison, ce qui empêche les mauvaises herbes de la rangée de plantation d'envahir la culture. La plupart des exploitants aux U.S.A. utilisent des herbicides pour assurer un contrôle initial des mauvaises herbes au cours des six à huit premières semaines. S'ils utilisent un cultivateur à traction mécanique, les exploitants devront lui rattacher des rasettes "à haute vitesse" dont l'encolure est basse et qui ne rejettent pas autant de terre. Des rasettes larges permettent de maintenir à une certaine distance de la rangée les lames du cultivateur, car elles rejettent également beaucoup de terre.

Il faudra cesser le passage du cultivateur une fois que les boutons commencent à s'allonger, environ huit semaines après l'émergence des plantes. A ce stade, le cultivateur peut endommager les boutons et favoriser la propagation du virus de la rosette qui constitue un sérieux problème en Afrique. Quand elles atteignent ce stade, les plantes doivent être suffisamment grandes pour entrer en concurrence avec les

mauvaises herbes qui peuvent émerger.

Note sur la Striga

La Striga (herbe à sorcière) est une herbe parasitaire de variété annuelle qui envahit les racines des plantes de la famille des graminées (sorgho, maïs, millet) et peut causer d'importants dégâts. Il en existe plusieurs espèces que l'on trouve en Afrique, en Inde, en Asie du sud-est, en Australie et au sud-est des Etats-Unis. En Afrique occidentale, elle peut s'attaquer de façon très sérieuse aux variétés améliorées de sorgho. Les variétés améliorées de maïs y sont quelque peu moins vulnérables mais les variétés originaires de la région y résistent mieux. Le millet du type Gero échappe généralement à ses dégâts car il est récolté au cours de la saison humide, lorsque les graines de la striga sont en période végétative. Les millets de type Maiwa, qui mûrissent plus tardivement, sont plus vulnérables à ses dégâts.

La germination des graines de la striga est stimulée par l'humidité et les sucs de la plante (excrétions des racines) provenant des racines ou des graminées porteuses et la striga émerge du sol en un à deux mois de temps. La floraison se fait trois ou quatre semaines plus tard, et les graines sont mûres 30 jours après. Une seule plante peut produire un demi-million de graines qui sont aisément propagées par le vent, l'eau et les outils de culture. Les cultures sont souvent endommagées avant que les mauvaises herbes n'émergent et une attaque grave provoque un arrêt de croissance, un jaunissement et un fanage des cultures.

Recommandations pour le contrôle de la striga

- Un désherbage manuel ne permet de s'en débarrasser que de façon partielle ; certains herbicides assurent un bon contrôle, et un produit foliaire en particulier a été mis au point qui peut être appliqué avec un pistolet à eau peu onéreux.

- Un bon niveau de fertilité permet mieux aux plantes

de résister aux attaques et les chercheurs travaillent à l'heure actuelle sur la mise au point d'une variété résistante.

- Il faudra faire attention à ne pas propager les graines de striga dans des champs qui n'en sont pas infestés.
- Toutes les cultures devront être débarrassées de la présence de mauvaises herbes de type graminées qui sont porteuses de striga.
- Des cultures "piège" de céréales ou de graminées peuvent être plantées pour stimuler la germination de la striga, puis enfouies au passage de la charrue avant que les mauvaises herbes ne produisent des graines.

Recommandations générales pour l'emploi d'herbicides dans les cultures de référence

Dans certaines parties du monde en voie de développement, il y a une pénurie critique de main-d'oeuvre au moment du désherbage. L'emploi d'herbicides peut être économiquement viable pour les petits exploitants dans ces conditions. En Amérique centrale, l'emploi d'herbicides par les petits exploitants est devenue chose commune dans un grand nombre de régions. Le désherbage chimique constitue cependant une méthode de gestion sophistiquée, et la plupart des exploitants qui utilisent des herbicides ont besoin d'en savoir davantage sur les bonnes procédures d'application.

Comment les herbicides détruisent les mauvaises herbes

Certains herbicides, comme le glyphosate, ne tuent les mauvaises herbes que s'ils sont vaporisés sur leurs feuilles. D'autres, comme la simazine, ne détruisent pas les mauvaises herbes qui ont déjà émergé, mais doivent être appliqués au sol-même où les mauvaises herbes sont tuées au fur et à mesure qu'elles germent et absorbent le produit chimique par les racines. Certains herbicides, comme l'atrazine sont efficaces des deux façons.

Sélection d'un herbicide

Le choix de l'herbicide convenant aux conditions particulières de culture dépend du type de mauvaises herbes qui sont présentes et du niveau de tolérance de la culture au produit chimique.

Sélectivité des mauvaises herbes : Certains herbicides contrôlent mieux les mauvaises herbes de type graminées, d'autres sont plus efficaces sur un type de mauvaises herbes à feuilles larges, d'autres encore ne peuvent que s'appliquer en partie à ces deux espèces. Presque tous les herbicides sont beaucoup plus efficaces sur les variétés annuelles de mauvaises herbes que sur les variétés persistantes. Il est important de se rappeler que des herbicides individuels assurent rarement un contrôle complet des mauvaises herbes et que les espèces particulières de mauvaises herbes doivent être prises en considération lors du choix d'un herbicide.

Tolérance de la culture : Chaque culture peut tolérer certains herbicides mais être endommagée ou même détruite par d'autres. Par exemple, l'atrazine detruit la plupart des mauvaises herbes de variété annuelle que ce soit des espèces à feuilles d'herbe ou à feuilles larges, dans des cultures de maïs, de sorgho et de millet sans effets adverses sur les cultures. L'herbicide 2, 4-D peut également être vaporisé directement sur le maïs, le sorgho, le millet et d'autres cultures de la famille des graminées pour contrôler l'invasion de mauvaises herbes à feuilles larges sans endommager les cultures (à moins qu'il ne soit appliqué trop généreusement ou au mauvais stade de croissance). D'un autre côté, le glyphosate n'a aucune sélectivité et détruit tout le feuillage avec lequel il entre en contact.

Certains termes importants relatifs aux herbicides

Les herbicides de contact ne tuent que les parties des plantes avec lesquelles le jet vaporisé entre en contact. Il y a peu ou aucune migration (déplacement) vers d'autres parties de la plante. Les herbicides de contact peuvent être soit sélectifs soit non-sélectifs. Le glysophate est un produit chimique de contact non-sélectif qui tue la partie supérieure de la végétation de toutes les mauvaises herbes et de toutes les cultures. Le propanil est un herbicide de contact sélectif qui s'attaque à un grand nombre de mauvaises herbes de type graminées ou à feuilles larges dans la culture du riz sans endommager la culture (il peut être vaporisé sans danger sur les plants de riz).

Les herbicides du système sont absorbés par les feuilles (moins par les racines) puis émigrent au travers de la plante. Les herbicides systématiques sont particulièrement utiles pour la destruction des mauvaises herbes de variété persistante, bien que plusieurs applications puissent être nécessaires. Un grand nombre d'autres herbicides comme l'atrazine ont une action partiellement systématique.

Calendrier et méthode d'application des herbicides

L'étiquette de l'herbicide indique les modes d'application suivants :

- Avant la plantation : Avant que la culture ne soit ensemencée. La plupart de ces herbicides ont besoin d'être incorporés dans les 2,5 à 10 premiers cm de sol avec une herse à disques ou un rotoculteur.

- Avant l'émergence : Après que la culture soit ensemencée, mais avant qu'elle (ou les mauvaises herbes) émerge.

- Après l'émergence : Après que la culture et les mauvaises aient émergé, généralement avant que les mauvaises herbes atteignent 2,5 à 5 cm de hauteur.

Des applications à la volée sont faites sur toute la surface du champ. Des applications en bande sont faites sur

une bande étroite (environ 30 à 40 cm de largeur) centrée sur la rangée de culture. Celles-ci font économiser de l'argent à l'exploitant car elles utilisent moins d'herbicide, mais il lui faudra encore passer le cultivateur sur la surface non-traitée entre les rangées.

Comment les dosages d'herbicides sont indiqués

Les recommandations de dosage des herbicides sont généralement données en livres/acre ou en kg/hectare de principe actif*, c'est-à-dire de produit chimique 100% pur. Cependant, chaque herbicide est généralement disponible sous diverses formes (poudres délayables, liquides, granulés) dont la puissance varie. L'exploitant ou le travailleur des services de vulgarisation devront calculer et décider de la quantité particulière du produit à utiliser dont ils auront besoin pour satisfaire aux recommandations d'emploi. Par exemple, il faudra utiliser 3,75 kg/ha de Gesaprim à 80% en poudre délayable pour obtenir 3 kg de principe actif par hectare (80% x=3 kg ; x = 3,75 kg).

Précautions d'emploi des herbicides

La majorité des herbicides sont heureusement d'emploi relativement sûr, mais il existe quelques exceptions :

- Le paraquat a un degré de toxicité par absorption buccale extrêmement élevé ; même une petite quantité de mélange dilué peut être fatale. Le paraquat est rendu inactif par l'argile ou le charbon de bois activé. Ceux-ci devront être administrés par voie buccale (mélangé à de l'eau) s'il est absorbé.

- Les dinitrophénols (DNBP, Dinoseb, Basanite) ont un degré élevé de toxicité par absorption buccale et peuvent également être absorbés par la peau.

* Pour certains herbicides, on appelle le pourcentage de principe actif "l'équivalent acide".

- On pense que certains défauts de naissance causés par les herbicides de type 2, 4-D sont dûs à une fabrication défectueuse produisant des dioxines (rarement présentes dans les méthodes de production actuelles).

Pour ces raisons, il n'est pas recommandé d'utiliser ces herbicides sans consulter au préalable un professionnel d'expérience.

Les mêmes recommandations et précautions d'emploi traitées dans la section B sur les insecticides s'appliquent également aux herbicides. A l'exception de ceux mentionnés ci-dessus, presque tous les herbicides appartiennent à la Classe 4 dans leur toxicité relative (les moins dangereux).

Facteurs affectant la performance des herbicides

- Choix du produit : Le produit doit convenir à la culture et au type de mauvaises herbes présentes.

- Matière organique et argile du sol : Les taux d'application de la majorité des herbicides appliqués au sol dépendent largement de l'argile du sol et surtout de son contenu en matière organique. Plus leur proportion est élevée, plus le taux d'herbicide nécessaire sera élevé. Certains herbicides d'application au sol peuvent causer des dégâts sur les cultures en sols sablonneux.

- Précipitations : La majorité des herbicides qui s'appliquent avant l'émergence requièrent des précipitations modérées au cours des quelques jours suivant leur application pour permettre au produit chimique d'atteindre la zone de germination des graines de mauvaises herbes. Sinon, un passage à très petite profondeur du cultivateur peut s'avérer nécessaire pour mélanger le produit chimique dans le sol.

- Taille des mauvaises herbes : L'application après émergence d'un grand nombre d'herbicides ne détruit pas les mauvaises herbes dont la hauteur est supérieure à 2,5 cm, tandis que d'autres sont très efficaces pour des mauvaises herbes plus hautes.

- Exactitude d'application : La plupart des herbicides doivent être appliqués à des dosages relativement précis.

Cela nécessite un réglage du vaporisateur de façon à déterminer la quantité d'eau nécessaire pour couvrir le champ et la quantité d'herbicide à ajouter à chaque remplissage du réservoir. Pour une vaporisation localisée, l'exploitant peut utiliser un dosage de tant de cuillerées à soupe par gallon ou tant de cc par litre, mais c'est une exception. Il faudra également que l'application se fasse de façon uniforme pour éviter un endommagement des cultures ou la persistance de mauvaises herbes par endroits.

Recommandations générales pour l'application des herbicides

- LISEZ L'ETIQUETTE ATTENTIVEMENT!
- Ne pas vaporiser quand il y a du vent. Les jets vaporisés ou les vapeurs d'insecticides peuvent endommager les cultures voisines.
- Eviter de vaporiser quand la température est au-dessus de 32°C. De fortes températures augmentent la volatilité (vaporisation) de l'herbicide et peuvent également réduire son efficacité.
- Quand on utilise des formulations avec une poudre délayable, bien agiter le réservoir du vaporisateur pour maintenir la poudre en suspension en cours d'application.
- Ne jamais employer des herbicides sur une culture pour laquelle ceux-ci ne sont pas recommandés.
- Ne pas brûler les boîtes ayant contenu des herbicides. Les émanations peuvent endommager les cultures qui leur sont susceptibles.

Résidus d'herbicides

Certains herbicides mettent longtemps à se désintégrer dans le sol et peuvent endommager les cultures suivantes. Il est possible que les résidus causent des problèmes chez les cultures pour lesquelles le produit

n'est pas recommandé. Les résidus présentent heureusement un problème moins grave aux tropiques où les températures plus élevées favorisent une désintégration plus rapide des produits chimiques.

Les résidus de l'atrazine mettent deux à huit mois à disparaitre et la plupart des cultures à feuilles larges peuvent être endommagées si elles sont plantées au cours de cette période. La simazine, le diuron et la diphénamide peuvent même mettre plus longtemps encore. La plupart des autres mettent de quelques semaines à deux ou trois mois. L'étiquette doit comporter ces renseignements.

Application d'herbicides à l'aide d'un vaporisateur à dos

Certains herbicides ne nécessitent pas une grande exactitude de dosage et peuvent être aisément appliqués à l'aide de vaporisateurs portés sur le dos. Cependant, la plupart des herbicides requièrent un certain niveau de précision, ce qui est difficile avec ces vaporisateurs à moins de faire très attention.

De façon à éviter d'appliquer trop d'herbicide, ce qui est une perte d'argent et peut endommager la culture, ou trop peu, ce qui peut rendre la vaporisation d'herbicide inefficace, le vaporisateur devra être réglé (cf. Annexe K).

Une fois le vaporisateur réglé, l'exploitant devra constamment conserver la même pression de vaporisation et la même cadence qu'au moment du réglage.

La sélection du diffuseur d'arrosage est importante. Il faudra utiliser un diffuseur en éventail pour des applications avant et après émergence au sol et et sur des mauvaises herbes de petite taille. Un diffuseur conique convient mieux à la vaporisation d'herbicides sur des mauvaises herbes plus grandes, car il permet de couvrir une surface plus importante qu'un diffuseur en éventail quand il est utilisé sur le feuillage. Il ne faudra pas l'utiliser pour des applications à la volée d'herbicides au sol et sur des petites

mauvaises herbes, car les mouvements de vaporisation circulaires ne se recoupent pas de façon adéquate. Si l'on monte deux diffuseurs coniques ou plus sur un ajutage d'arrosage, les mouvements de vaporisation circulaires vont se recouper irrégulièrement. En ce qui concerne le volume d'eau, 250 à 300 l/ha suffisent tant que les mauvaises herbes sont petites ou que seule la surface du sol est vaporisée. Des mauvaises herbes plus grandes peuvent requérir un volume de 500 à 600 l/ha si on a besoin de couvrir un champ de façon uniforme. Il faudra agiter le vaporisateur de temps à autre pour que la poudre reste bien délayée dans l'eau.

Améliorations apportées aux Vaporisateurs Manuels

- Vaporisateurs manuels à petit volume : Un vaporisateur manuel très efficace fonctionnant sur des piles de lampe électrique a été mis au point par l'IIAT. C'est un applicateur à gouttes réglables spécialement conçu pour l'application d'herbicides. Son diffuseur est conçu pour produire des gouttes extrèmement fines permettant de couvrir de façon adéquate une surface de un hectare avec seulement 20 litres d'eau. Le diffuseur couvre à lui seul un rayon d'un mètre, ce qui permet de vaporiser un hectare en huit heures environ avec une cadence de 0,5 mètre/seconde. C'est là une grande amélioration sur les vaporisateurs à dos en ce qui concerne les besoins en volume et en temps de travail. Le vaporisateur à applicateur à gouttes réglables est très léger et contient juste 2,5 litres de solution. Le réglage est également simplifié, car il émet un jet de vaporisation continue et il faudra seulement faire attention à la cadence de marche. Ce vaporisateur est maintenant fabriqué par deux sociétés :

- Le modèle "HERBIE" est fabriqué par Micron Sprayers Ltd., Bromyard, Herfordshire, ANGLETERRE HR7 4HU. Il utilise huit piles de lampe électrique (bonnes pour cinq hectares de vaporisation).

- Le modèle "HANDY" fabriqué par Ciba-Geigy AG, CH 4000, Basle 7, SUISSE. Il utilise cinq piles de lampe électrique.

Le prix de l'applicateur à gouttes réglables est d'environ la moitié de celui d'un vaporisateur à dos. Cependant, il

ne convient pas à l'application de la majorité des herbicides et des fongicides.

- Un ajutage d'arrosage pour les vaporisateurs à dos: Pour réduire les besoins en main-d'oeuvre de l'application d'herbicides avec un vaporisateur à dos, un ajutage tout simple mais très efficace peut être construit utilisant deux à cinq diffuseurs à la fois. Si deux diffuseurs seulement sont utilisés, des tuyaux de raccordement en "T" pouvant s'adapter sur un grand nombre de modèles de vaporisateurs sont disponibles dans le commerce. On peut fabriquer des ajutages plus grands en disposant des diffuseurs le long d'un tuyau de diamètre étroit et en les raccordant à un tuyau d'arrosage en plastique à forte pression. Si des diffuseurs de vaporisation avec un angle de largeur de diffusion de 80° sont utilisés et espacés de 50 cm sur l'ajutage, on peut couvrir le sol de façon uniforme quand l'ajutage est porté à environ 50 cm du sol. (Cette méthode permet d'obtenir une largeur de trois ou quatre doigts de surface de recoupement d'une vaporisation sur l'autre). Comme il l'est illustré, ces ajutages sont de dimensions importantes et trop encombrants pour pouvoir être portés par une seule personne.

Application d'Herbicides avec un Vaporisateur tiré par un Tracteur

Les vaporisateurs mécanisés peuvent couvrir six à huit rangées à la fois et leurs diffuseurs sont espacés de 40 à 50 cm. Ils peuvent être utilisés sur de petites exploitations comme faisant partie d'un programme de coopérative. Il faudra considérer les recommandations générales suivantes :

1. Des basses pressions de vaporisation (30 à 40 livres/pouce carré) sont généralement recommandées pour les herbicides. Des pressions plus élevées diminuent la taille des gouttelettes, déforment le schéma de la vaporisation et peuvent faire dériver le produit.

2. Pour sélectionner le diffuseur, se reporter aux recommandations dans la section consacrée aux vaporisateurs à dos. Les diffuseurs en cuivre, en aluminium et en plastique sont les moins onéreux, mais ils s'usent plus rapidement que les enbouts fabriqués en métaux plus durs quand des poudres délayables sont utilisées.

3. Si la diffusion est trop faible, passer à un diffuseur de taille supérieure ou conduire le tracteur plus lentement. Il n'est pas rentable d'augmenter la pression pour

augmenter le volume de vaporisation. Il faudrait augmenter de quatre fois la pression pour doubler le volume de la diffusion.

4. Quand on vaporise des herbicides à la volée sur le sol ou sur de très petites mauvaises herbes, il faudra ajuster la hauteur de l'ajutage d'arrosage de façon à obtenir une largeur de trois à quatre doigts de recoupement d'une surface vaporisée à une autre. Les diffuseurs sont disponibles avec différents angles de rayon de vaporisation, comme 65°, 73° et 80°. Plus l'angle est large, plus l'ajutage peut opérer près du sol tout en couvrant la surface nécessaire de recoupement. Ceci présente un gros avantage quand il y a du vent.

5. Il ne faudra pas utiliser des diffuseurs de dimensions ou d'angles différents sur le même ajutage d'arrosage.

6. Il ne faut pas se dier aux tableaux fournis par le fabricant indiquant le volume de vaporisation et la calibration. Le volume de vaporisation d'un diffuseur peut être affecté de façon significative par son usure et les indicateurs de pression ainsi que les compteurs des tracteurs varient dans leur degré d'exactitude.

7. Il faut constamment agiter les solutions à base de poudre délayable pour que celle-ci reste en suspension. Une agitation mécanique ou hydraulique est une nécessité absolue pour les vaporisateurs tirés par un tracteur.

8. Il faudra toujours conduire le tracteur à la même vitesse au cours de la vaporisation de façon à ne pas affecter le volume de vaporisation. Une fluctuation de l'ordre de 1 à 2 km/h peut augmenter ou réduire d'un tiers le dosage appliqué.

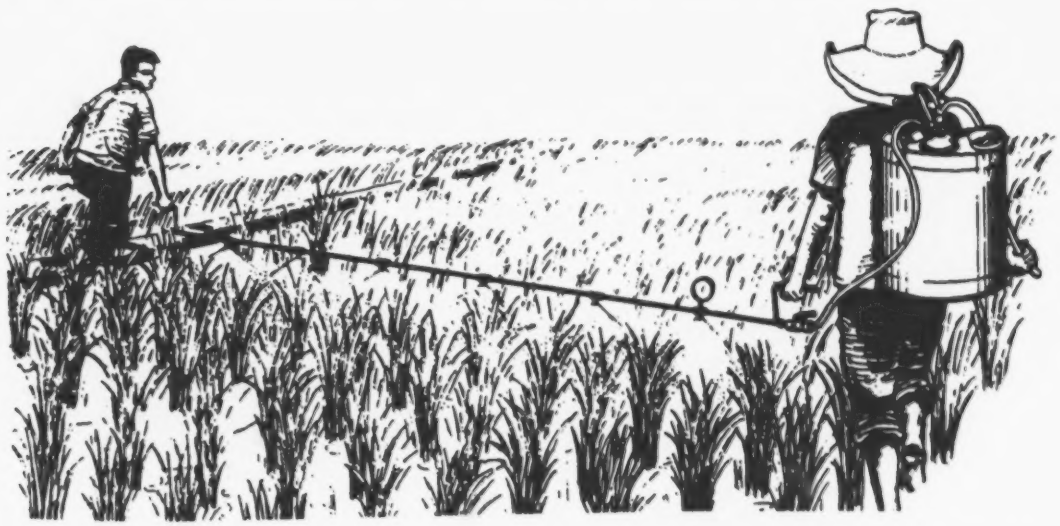
9. La vitesse du tracteur devra être réglée selon les conditions du sol. Si l'ajutage d'arrosage est trop secoué, la surface ne sera pas vaporisée de façon uniforme. La vitesse maximale du tracteur devra être de l'ordre de 8 km/h.

10. Il est important d'examiner régulièrement les diffuseurs au cours de la vaporisation pour voir s'ils sont bouchés.

HERBICIDES RECOMMANDES POUR LES CULTURES DE REFERENCE

Il existe un trop grand nombre d'herbicides

disponibles pouvant être utilisés pour les cultures de référence et leurs directives d'application individuelle sont trop nombreuses pour les traités de façon adéquate dans ce manuel. Il vaut mieux se baser sur les recommandations dérivées des expériences locales et des essais sur place si possible. La bibliographie donne une liste de plusieurs idées de ressources constituant des recommandations générales et sûres pour la sélection et le dosage des herbicides.



Un arrangement d'ajutage d'arrosage pour vaporisateurs à dos (photo IRRI). On peut utiliser 4 à 6 diffuseurs quand on applique un herbicide dont le volume d'eau est faible ou pour un grand nombre d'applications d'herbicide avant émergence et peu après émergence.

LUTTE CONTRE LES INSECTES NUISIBLES

Importantes considérations générales sur les insectes

On peut souvent identifier les insectes par le type de ravages qu'ils causent :

- Insectes Térébrants et Masticateurs

  Les chenilles sont des larves de papillons. Elles font des ravages sur les plantes en allant se nourrir de leurs feuilles et en y faisant des trous ou en perçant des trous dans les tiges, les cosses et les épis du maïs. La chenille de l'agrotis est différente en ce qu'elle vit dans le sol et sort la nuit pour couper les tiges des plantes près du sol.

  Les doryphores se nourrissent des feuilles des plantes et y font des trous en les mastiquant. Certains doryphores de la famille des charançons percent des trous dans les cosses et les graines pour y déposer leurs oeufs. Certains peuvent également transmettre des maladies bactériennes et virales.

  Les larves de doryphores comme le ver blanc, la larve de taupin et l'anguillule des racines vivent dans le sol et endommagent les racines et la partie sous-terraine de la tige en les mastiquant ou en y faisant des trous.

- Insectes suceurs de sève

  Les aphidés, Cicadelles, pentatomes, arlequins de Cayenne, moucherons et acariens sont dotés de membres perceurs et suceurs et se nourrissent de sève sur les feuilles, les cosses et les tiges des plantes. Ils transmettent un certain nombre de maladies des plantes, les virus en particulier. Les insectes suceurs de sève ne font pas de trous dans les feuilles mais causent un jaunissement, recroquevillement et dessèchement des feuilles.

Cycles de vie des insectes

Une connaissance générale des cycles de vie des insectes sera utile à l'identification des problèmes dont ils sont responsables dans les champs. Les doryphores et papillons subissent une métamorphose (transformation) complète, se faisant en quatre phases, alors que les aphidés, les cicadelles, les moucherons et autres insectes suceurs de sève passent par trois phases de transformation.

(Phase adulte)

PAPILLON ---------- OEUF ----------
(Ne cause pas de ravages)
CHENILLE ---------- CHRYSALIDE
(Se nourrit généralement de feuilles) (Phase de dormance ; se transforme en papillon)

(Phase adulte)

DORYPHORE ---------- OEUF ----------
(Se nourrit de feuilles et cosses)
LARVE ---------- CHRYSALIDE
(Vers blancs, larves de taupins, anguillule des racines, etc. Se nourrissent des racines des plantes). (Phase de dormance ;se transforme en doryphore)

(Phase adulte)

APHIDES, CICADELLES
PANTATOMES, MOUCHERONS, AUTRES
INSECTES SUCEURS DE SEVE ----------

OEUF ---------- NYMPHE
(Ressemble à un insecte adulte en miniature ; suce la sève aussi à ce stade)

Comment identifier
les insectes et
leurs ravages

SOYEZ OBSERVATEUR! L'identification et la résolution des problèmes causés par les insectes requièrent une certaine pratique, et il est essentiel d'être très observateur. En passant dans un champ, il faudra examiner de près les plantes pour détecter la présence d'insectes ou de leurs symptômes de dégâts. Regarder les feuilles des deux côtés, un grand nombre d'insectes préférant le dessous des feuilles. Une loupe peut être utile.

Identification des ravages causés par les insectes : Il est souvent possible d'identifier les insectes par les dégâts dont ils sont responsables.

- Feuilles trouées : C'est le résultat de la présence de chenilles, doryphores, criquets, escargots et limaces. (Les escargots et les limaces ne sont pas des insectes mais ils s'attaquent au feuillage des plantes).

- Fanage : Est généralement le résultat de la présence d'insectes originaires du sol comme les vers blancs et les larves de taupins. Si les racines sont endommagées ou si des tunnels ont été creusés dans la partie sous-terraine de la tige, ce peut être le résultat d'insectes térébrants de la tige. Ne pas oublier que le fanage peut être causé par d'autres facteurs également : un sol sec, des températures très élevées, pourriture des racines, flétrissement bactérien ou fongueux et nématodes.

  Pour déterminer si les insectes sont bien responsables du flétrissement, déterrer les plantes affectées. Observer le système des racines et la partie sous-terraine de la tige pour identifier les dégâts dûs à la présence d'insectes ou de maladies, vérifier également la présence possible d'insectes originaires du sol. Couper la tige dans le sens de la hauteur avec un canif et observer le tissu végétal pour voir s'il signale la présence d'insectes

térébrants ou de pourriture.

- Recroquevillement, dessèchement ou jaunissement des feuilles : Peut être le résultat de la présence d'insectes suceurs de sève, aphidés, cicadelles et acariens en particulier. Les virus ainsi que certaines déficiences nutritives produisent également ces symptômes. Les nématodes et un écoulement inadéquat des eaux causent également le jaunissement.

Identification des insectes : Il faudra passer du temps avec les travailleurs des services locaux de vulgarisation possédant déjà une bonne expérience sur place et leur demander d'identifier les principaux insectes nuisibles des cultures (ainsi que les insectes prédateurs utiles) dans la zone de travail. Chercher à se documenter sur les insectes du pays ou de la région d'accueil (bulletins des services de vulgarisation par exemple). Les publications dont la liste se trouve dans la bibliographie.

PRINCIPAUX INSECTES
NUISIBLES DES
CULTURES DE REFERENCE

Cette liste n'est pas complète mais elle fait référence aux principaux insectes nuisibles des cultures de référence. Les noms scientifiques complets ou partiels (espèce seulement) sont indiqués entre parenthèses. Des mesures de contrôle plus spécifiques sont données à la fin de la section traitant des insectes. Les insectes de grains entreposés, dont

certains s'attaquent aux cultures avant la récolte, sont traités au Chapitre 7.

Principaux insectes nuisibles du maïs

Insectes originaires du sol

Vers Blancs (Phyllophages, autres) : Larve blanche et grasse à tête brune et six pattes pouvant atteindre 25 mm de longueur. Un grand nombre de ceux-ci sont des larves de doryphores du mois de mai (juin) et s'attaquent aux racines du maïs et d'autres cultures de graminées, y causant parfois des ravages sérieux. Sont surtout communs là où le maïs est planté sur une terre de pâturage récemment nettoyée. S'attaquent parfois aux légumineuses. Le stade larvaire dure un à trois ans.

Anguillules des racines (Diabrotica, autres) : Petite larve blanchâtre et mince à tête brune, pouvant mesurer presque 20 mm de longueur. Elles s'attaquent aux racines et font parfois des trous dans la partie sous-terraine de la tige, tandis que les doryphores adultes se nourrissent des soies et s'attaquent à d'autres cultures. Ils sont surtout répandus en Amérique latine. Les plantes affectées se recourbent à cause la verse causée par les dégâts apportés aux racines. La présence de 10 larves ou plus par plante ainsi qu'une décoloration brune de 50% du réseau des racines sont des indications de sérieux ravages.

Larves de taupin (Elatéridés) : Larves brunes, brillantes et dures à six pattes pouvant atteindre 1,5 à 3,5 mm de longueur. La larve de ces insectes (qui sautent en produisant un bruit sec) s'attaque aux graines de germination et aux parties sous-terraines de la plante. Le stade larvaire dure deux à six ans.

Larve de taupin (haut) et taupin adulte (bas).

Noctuelles (Agrotis, Feltia, Spodoptera) : Leurs chenilles varient en couleur du vert au noir. La plupart sont relativement grasses et se mettent en boule quand elles sont dérangées. Elles s'attaquent aux jeunes plantes dont elles coupent les tiges au niveau du sol ou légèrement au-dessus, mais certaines se nourrissent de feuilles. La plupart restent dans le sol pendant la journée et émergent la nuit pour se nourrir.

Petits insectes térébrants de la tige du maïs (Elasmopalpus) : Ce sont des chenilles, généralement de couleur vert clair avec de légères rayures et des bandes verticales marron prononcées. Elles sont surtout répandues en Amérique latine. Les jeunes larves se nourrissent d'abord des feuilles puis font des trous dans la tige à environ 2 à 5 cm au-dessus du sol. Chacune construit un tunnel fait de particules de sol et de soie qui relie le sol au trou dans la tige. Un grand nombre de celles-ci s'attaquent également au réseau des racines. Le stade larvaire dure environ trois semaines et elles se chrysalident dans le sol dans un cocon de soie.

Asticots des grains de maïs (Hylemya) : Larves de mouche gris-jaune pouvant atteindre 6 à 7 mm de longueur. L'extrémité arrière est arrondie et la tête est pointue. Ils s'attaquent aux graines de germination et peuvent parfois dévorer le grain entier.

Asticot des grains de maïs-A.Larve adulte-B.Adulte-C.Graine endommagée.

Insectes du feuillage du maïs

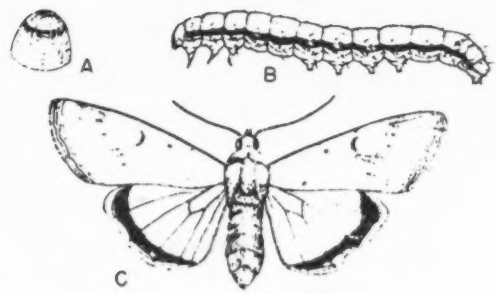
Chenille de la leucanie (Spodoptera frugiperda) : Sa larve est verte et brune avec une marque en "Y" blanche prononcée sur la tête et peut atteindre environ 40 mm de longueur. C'est un des insectes les plus dévastateurs et les plus répandus s'attaquant au maïs dans les basses-terres tropicales. Les chenilles sont des larves de papillons nocturnes pondant des oeufs en grappes de 100 ou plus sur les feuilles. Les oeufs sont recouverts d'une enveloppe de poils et d'écailles et éclosent en deux à six jours par temps chaud. Les larves sont cannibales et s'attaquent les unes aux autres jusqu'à ce qu'il n'en reste que quelques-unes. Elles émigrent ensuite dans le verticille des feuilles où elles se nourrissent des feuilles pas encore sorties, mais elles peuvent également causer des dégâts dans la pointe de croissance des plantes adultes. Les larves creusent

parfois des tunnels dans les plantes adultes. Le stade larvaire dure environ trois à quatre semaines et le stage de chrysalide 10 jours seulement, si bien que le maïs peut être attaqué par plusieurs générations d'insectes. Les dégâts sont faciles à repérer : les feuilles sont déchiquetées et le verticille des feuilles est entouré d'excréments ressemblant à de la sciure de bois. Leur nombre peut se trouver grandement réduit par la présence de maladies et de prédateurs. Des insecticides liquides ou sous forme de granulés appliqués aux feuilles sont efficaces et doivent être appliqués avant que les larves n'atteignent 16 à 18 mm de longueur.

Ver de l'épi de maïs (Heliothis zea) : Chenille à rayures jaunes, brunes ou vertes. Le papillon dépose ses oeufs un par un sur les soies de l'épi de maïs. Les oeufs sont blancs, ronds et plus petits que le point à la fin de cette phrase, mais ils sont facilement visibles à l'aide d'une loupe. Ils éclosent en trois à sept jours et les larves se nourrissent des jeunes soies et grains situés près de la pointe de l'épi. Les vers de l'épi de maïs interfèrent rarement avec la pollinisation, la plupart des soies étant fécondées le premier jour de leur émergence de l'épi. Les oeufs sont parfois déposés sur les feuilles des jeunes plantes, puis ils viennent se nourrir sur le verticille des feuilles comme pour la chenille de la leucanie. Les dégâts de l'épi prennent rarement des proportions justifiant l'emploi d'insecticides, qu'il faudrait appliquer aux soies, ce qui prendrait beaucoup de temps. Les variétés de maïs dont l'enveloppe de l'épi est longue et resserrée possèdent une bonne résistance à ces insectes.

Cicadelle adulte

Diverses chenilles se nourrissant des feuilles (chenille de la leucanie à rayures jaunes, vraie chenille de la leucanie, ver mesureur, etc...) : Ces insectes peuvent nécessiter la vaporisation d'insecticides foliaires.



Ver de l'Epi de Maïs
A. Oeuf - B. Larve adulte - C. Ver adulte

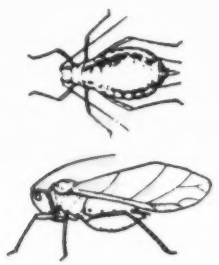
Térébrant de la tige de maïs (espèce du sud - Diatraea), Térébrant du maïs (espèce du sud-ouest - Zeadiatraea) : Répandus dans les basses-terres d'Amérique latine. La plupart des larves atteignent une longueur maximale de 25 mm environ. Elles sont blanches avec des taches foncées. Les oeufs sont pondus en rangs de 10 à 12 se surperposant et déposés sur les feuilles près des nervures centrales. Les oeufs éclosent en trois à six jours et les jeunes larves passent deux à trois jours à se nourrir sur les feuilles, y laissant des trous circulaires, avant qu'elles n'aillent creuser dans la tige. Le stade larvaire dure plusieurs semaines et la chrysalide est faite à l'intérieur de la tige. La destruction de ces insectes n'est que partielle et il faudra vaporiser les plantes au cours de la brève période précédant la percée de la tige ou utiliser des insecticides systématiques, dont certains sont très toxiques.

Térébrants de la tige (Busseola, Sesamia, Eldana, Chilo) Très répandus en Afrique et dans certaines régions d'Asie, ils peuvent causer des pertes importantes. L'espèce Busseola et Sesamia préfèrent les jeunes plantes et peuvent les faire mourir en s'attaquant à la pointe de croissance. Ces quatre types de térébrants peuvent tous s'attaquer également aux épis des plantes plus adultes . Les papillons de l'espèce Busseola s'accouplent peu après leur émergence de la chrysalide et viennent déposer leurs oeufs en grappes de 30 à 100 sur la tige végétale intérieure près du verticille des feuilles. Les larves se nourrissent du verticille puis creusent des tunnels dans les jeunes plantes. L'application d'insecticides systématiques au sol et au verticille des feuilles premet d'obtenir un assez bon contrôle de ces insectes. L'arrachage des herbes sauvages porteuses de térébrants aide également à en réduire le nombre.

Cicadelles : (Cicadulina, Dalbulus) : Petits insectes vert clair de forme triangulaire dotés de membres perceurs et suceurs. L'espèce Cicadulina transmet le virus

du maïs en Afrique et l'espèce Dalbulus propage le virus de l'atrophie du maïs ("achaparramiento") en Amérique latine. Ces deux maladies peuvent résulter en des pertes de production importantes. Les insecticides sont très efficaces pour la destruction de ces insectes.

Sauterelles : Responsables de ravages importants dans certaines régions d'Afrique. L'application d'insecticides sous forme de vaporisation et de granulés est efficace à moins que l'infestation ne soit particulièrement sérieuse.



Aphidés - Aptères et Ailés

Aphidés du maïs (Rhopalosiphum) : Petits insectes légers bleus ou verts suçant la sève des plantes et secrétant une substance sucrée (miellure) sur laquelle pousse une moisissure noire. Ils peuvent arrêter la croissance des aigrettes et les déformer, ce qui entraîne une mauvaise pollinisation. Il faudra considérer l'utilisation d'un insecticide si 50% des plantes ont quelques aphidés et si 10 à 15% d'entre elles sont infestées de façon sérieuse. L'emploi d'insecticides systématiques permet un contrôle à long terme.

Principaux insectes
s'attaquant aux grains
de céréales entreposés

Le charançon du maïs (Sitophilus zeamais), le charançon du riz (S. oryzea) et le charançon de grenier (S. granarius): Ils ont tous une tête allongée et mesurent environ 8,3 mm de longueur. Seuls les charançons du maïs et du riz peuvent voler et infester les cultures d'un champ. Les femelles vivent plusieurs mois et pondent 200 à 400 oeufs en faisant des trous dans les grains pour les y déposer. Les larves, blanches et sans pattes, se nourrissent de

l'intérieur du grain, puis se chrysalident et émergent finalement sous forme de charançons. Ces trois espèces sont toutes plus communes dans les régions humides que dans les régions sèches.

Alucite du grain (Sitotroga cerealella) : Petit papillon à ailes gris-jaune d'une envergure d'environ 12,7 mm constituant souvent l'espèce principale d'insecte s'attaquant aux céréales entreposées dans les régions sèches. Les papillons adultes ont une petite bande noire à l'extrémité de chaque avant-aile. Ils peuvent infester le grain à la fois dans le champ et lorsqu'il est entreposé, mais ils ne peuvent pénétrer que dans les 10 premiers centimètres d'une couche de grains vannés et entreposés. Cependant, une récolte de maïs entreposé sous forme d'épis peut être entièrement infestée. Chaque femelle pond de 40 à 400 oeufs à l'extérieur des grains et les larves minuscules pénètrent à l'intérieur du grain pour s'en nourrir. La chrysalide se forme à l'intérieur du grain dont les jeunes papillons émergent pour commencer un nouveau cycle. Les papillons eux-mêmes ne se nourrissent pas. A l'inverse de la plupart des autres insectes d'entreposage, l'alucite du grain peut être détruite en appliquant sur la surface de la couche de grains vannés et entreposés, par vaporisation ou sous forme de poudre, un insecticide dont l'utilisation est approuvée comme le Malathion ou la pyréthrine.

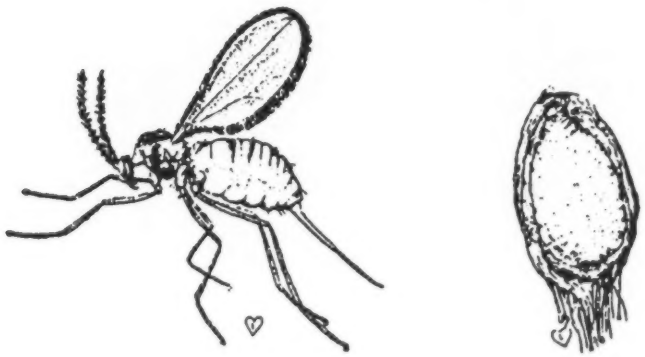
Principaux insectes nuisibles du sorgho

Le sorgho est attaqué par un grand nombre des mêmes insectes que le maïs, mais deux autres espèces peuvent également causer de sérieux ravages.

Moucheron du sorgho (Contarinia sorghigola) : Petite mouche orange (.....) C'est le plus répandu des insectes nuisibles du sorgho partout dans le monde. L'insecte adulte ne vit qu'un jour environ et pond ses oeufs sur les grains de sorgho au cours de la floraison. Les larves sortent au bout de deux à quatre jours et passent 9 à 11 jours à se nourrir du jus des graines en cours de formation, ce qui les empêche de se développer. Le stade larvaire dure deux à six jours pour un cycle de vie complet de juste 15 à 20 jours.

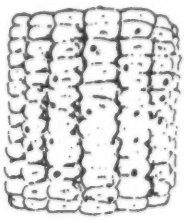
Certaines variétés locales possèdent une assez bonne tolérance à cet insecte. On peut vaporiser les épis de sorgho avec un insecticide trois à cinq jours après leur émergence de la botte. Il ne faudra pas planter le sorgho près de jeunes plants de sorgho ou d'herbe Johnson, et il faudra enlever du champ les épis de sorgho hors-saison. Dans les régions plus fraîches, les larves se chrysalident dans un cocon de soie,

mais cela peut être également le cas dans un climat chaud et sec. En passant alors la charrue pour retourner les résidus de récolte, on peut réduire le nombre de ces insectes.



Moucheron du sorgho, Contarinia sorghicola (Coq.)
Femelle adulte et larve dans son cocon.

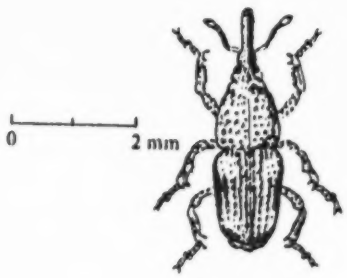
Maïs endommagé



Partie d'un épi endommagé

Mouche de la tige du sorgho (Atherigona soccata) : Insecte nuisible très répandu en Afrique et en Asie. Les mouches adultes ressemblent à de petites mouches domestiques et pondent leurs oeufs sur les feuilles des jeunes plantes. Les larves viennent pénétrer dans le verticille des feuilles puis vont creuser la tige des jeunes plantes, détruisant souvent la pointe de croissance. La feuille la plus jeune tourne au brun et fane - on appelle cette condition "la mort du coeur". Certaines variétés de sorgho font preuve d'une certaine tolérance à la mouche de la tige. L'application d'insecticides sur le verticille n'est pas aussi efficace qu'une application au sol

d'insecticides systématiques avant la plantation.



Charançon du Maïs (Sitophilus zeamais).
Le charançon du Riz (S. oryzae) est
d'apparence similaire.

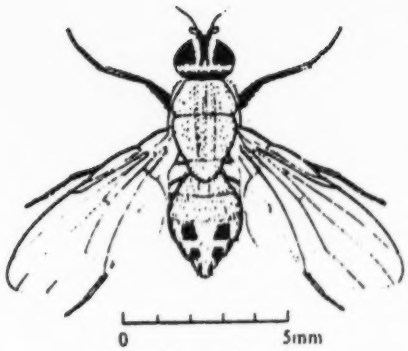
Insectes nuisibles du millet

Le millet est la proie d'un grand nombre des mêmes insectes s'attaquant au sorgho, y compris la mouche de la tige, le moucheron et le térébrant de la tige, mais les dégâts sont généralement moins sérieux. Le moucheron du grain de millet (Geromyia pennisetti) est commun dans les régions de savanne africaine. On a vu augmenter la présence d'une certaine chenille (Masalia spp.) dans la savanne du nord et dans la région du Sahel au cours des années 70 ; celle-ci peut causer de sérieux dégâts sur les épis.

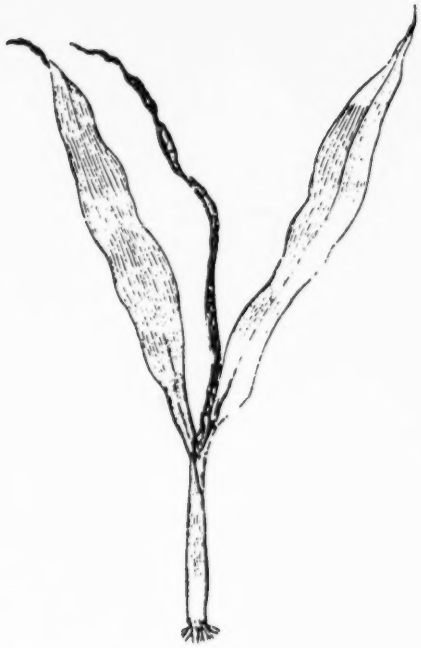
Insectes nuisibles des arachides

Les vers blancs, les larves de taupins et l'anguillule des racines s'attaquent aux racines des arachides et ces deux derniers s'attaquent également aux cosses.

Les termites peuvent s'attaquer de façon sérieuse aux cosses, mais les dégâts sont souvent légers. On peut se débarrasser des termites en traitant la graine de plantation à l'insecticide, en détruisant leurs nids au Chlordane ou avec d'autres insecticides ou en appliquant des insecticides à la volée ou en bandes le long de la rangée de plantation.



adulte ♀

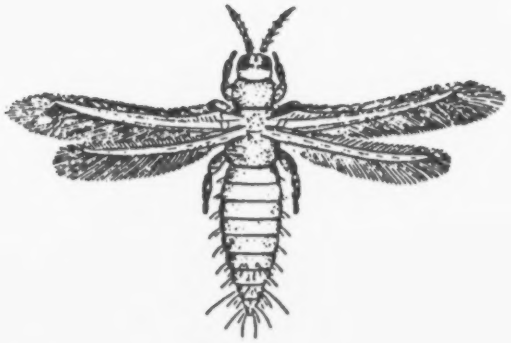


Plante endommagée

Mouche de la
tige du sorgho

Le petit térébrant de la tige du maïs peut faire des trous dans les tiges et les cosses. Au Sénégal, il existe environ une douzaine de types de mille-pattes s'attaquant aux cosses. Tout dégât causé à la cosse augmente le danger d'aflatoxine (une toxine dangereuse et cancérigène produite par le champignon Aspergillus ; se reporter à la section traitant des maladies).

Thrips : Ces minuscules insectes (1 mm) dont la couleur varie du jaune au noir possède deux séries d'ailes fragiles bordées d'une frange de poils à l'arrière. Les thrips qui ne sont pas parvenus à l'âge adulte sont jaune clair-orange et plus petits que les adultes. Quand ils sont dérangés, les thrips sautent. Ils peuvent causer de sérieux dégâts en allant se nourrir dans les boutons ou les jeunes feuilles refermées. Ils sont dotés de mandibules suceuses acérées qui blessent les feuilles et causent leur malformation au fur et à mesure qu'elles s'ouvrent. Les thrips peuvent également propager le virus de la tavelure et du flétrissement.



Thrips des fleurs, Frankliniella tritici

Cicadelles : Peuvent être un autre insecte nuisible répandu. Les adultes ont une longueur de 3 mm. Ils sont vert pâle en de forme triangulaire. Les pucerons qui ne sont pas encore parvenus à l'âge adulte (nymphes) sont d'apparence similaire aux adultes, mais plus petits et dépourvus d'ailes. A ces deux stades, ils sont dotés de mandibules perceuses et suceuses. Le premier signe de dégâts causés par des pucerons sauteurs sont des formations en forme de "V" aux extrémités des feuilles et dans les cas graves, les feuilles sont rabougries et tombent.

Acariens araignée (Tetranychus et autres espèces) : Communs dans des conditions climatiques chaudes et sèches. Ce sont des insectes suceurs de sève et les dégâts peuvent apparaître sous forme de tâches translucides sur les feuilles. Certains insecticides ne permettent pas de contrôler les araciens, alors que le Kelthane n'est efficace que contre ceux-ci.

Aracien araignée
(Univ. d'Arizona)

Vers des épis de maïs (Heliothis spp.), chenilles de la Teucanie (Spodopters, Pseudaetia) et autres chenilles se nourrissent des feuilles. Les doryphores (Epicauta spp.) sont de couleur vive avec des rayures alternées noires et rouges ou jaunes. Ils se nourrissent des fleurs. Les aphidés s'attaquent parfois aux arachides. Une espèce particulière (Aphis croccivora) propage le virus de la rosette, qui constitue un grave problème en Afrique.

Les arachides sont très vulnérables à l'attaque des insectes d'entreposage. La bruche des cacahuètes (Caryedon spp.) est un insecte faisant des ravages en Afrique occidentale. C'est un charançon qui pond ses oeufs sur les cosses une fois que la récolte est faite, et ses larves creusent des tunnels dans les cosses et les grains.

Insectes nuisibles des haricots

Les renseignements suivants sont basés sur des études menées par le Centre International pour l'Agriculture Tropicale (CIAT) sur les principaux insectes nuisibles des haricots ordinaires (Phaselous vulgaris) en Amérique latine.

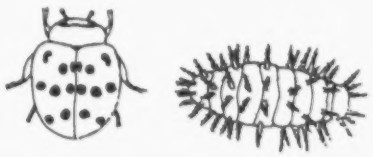
Insectes s'attaquant aux Jeunes Plants

L'agrotis des moissons et les vers blancs peuvent couper la tige des jeunes plants. Les vers blancs ne présentent généralement un problème sérieux que lorsque les haricots sont plantés sur un sol précédemment occupé par une pâture. Le petit térébrant de la tige du maïs peut creuser un trou dans la tige juste au-dessous de la surface du sol, monter dans la tige et faire mourir la plante. Une longue période de jachère sur un sol nettoyé ou une importante inondation des terres, ainsi que l'application d'insecticides granulés près de la rangée de plantation au moment de l'ensemencement peuvent aider à se débarrasser de ces térébrants.

Insectes se nourrissant des feuilles

Un grand nombre d'espèces de doryphores, comme le doryphore à rayures des concombres (Diabrotica balteata), le doryphore des feuilles de haricot (Ceratoma), le doryphore puce (Epitrix) et le doryphore des haricots du Mexique (Epilachna) s'attaquent aux feuilles des haricots. Les dégâts les plus sérieux sont causés sur les jeunes plants quand les insectes peuvent défolier plus facilement la plante, ou au cours de la floraison. Les

larves aussi bien que les adultes du doryphore des haricots du Mexique se nourrissent de feuilles. Les larves des autres doryphores se nourrissent principalement des racines des haricots, du maïs et de certaines mauvaises herbes.



Doryphore des haricots du Mexique
Adulte et larve

Les chenilles ne sont généralement pas responsables de dégâts sur les feuilles de haricot. La chenille rouleuse du haricot (Urbanus ou Eudamus), la chenille des marais salants ou chenille ourson (Estigmene) et la chenille Hedylepta sont les plus communes.

Insectes suceurs de sève

L'espèce Empoasca Kraemeri de cicadelles est l'insecte le plus dévastateur des haricots en Amérique latine. On le trouve également dans d'autres régions. Il ne transmet pas de virus (comme c'est le cas d'autres cicadelles) mais il est responsable de l'atrophie de la plante, du jaunissement et du flétrissement des feuilles. Des travaux de recherche menés par le CIAT ont montré que les rendements diminuaient de 6% par cicadelle/feuille. Les oeufs éclosent en huit à neuf jours et les nymphes se nourrissent des plantes pendant huit à onze jours avant de devenir adultes. Le stade adulte dure environ 60 jours et c'est le plus dévastateur. Les haricots cultivés en même temps que le maïs sont moins affectés que ceux cultivés seuls. Le fumage permet de réduire la population des cicadelles. Les problèmes qu'ils causent sont généralement plus graves dans des conditions climatiques de chaleur et de sécheresse.

Plusieurs espèces d'aphidés s'attaquent aux haricots, bien que les dégâts qu'ils causent en s'en nourrissant soient moins directs ; ils peuvent transmettre le virus mosaïque commun du haricot.

Plusieurs espèces d'araciens s'attaquent aux haricots. On trouve l'aracien araignée rouge sur la surface des feuilles du bas. Une infestation grave fait brûnir les feuilles. L'aracien tarsonémide est trop petit pour être visible à l'oeil nu, mais

il fera se recroqueviller les jeunes feuilles. Les araciens constituent rarement un problème grave sauf au cours de la saison sèche.

Les moucherons (Bemisia spp.) ne causent généralement pas de dégâts directs mais peuvent transmettre le virus mosaïque doré du haricot et le virus de la tavelure chlorotique du haricot. Ils sont souvent détruits par les prédateurs naturels et la plupart des insecticides sont efficaces.

Térébrants des cosses

Le charançon de la cosse du haricot (Apion godmani) constitue un grave problème en Amérique centrale. Les adultes sont de couleur noire et mesurent environ 3 mm de longueur. Ils se nourrissent des fleurs et des cosses sans causer trop de dégâts. Cependant, la femelle fait un petit trou dans la cosse pour y déposer son oeuf. La larve se nourrit de l'intérieur de la cosse et des grains qui s'y développent. La chrysalide se forme dans les cosses et les adultes en émergent peu avant la cueillette. Les types de haricots varient dans leur résistance à cet insecte . Un certain nombre d'insecticides permettent de les détruire s'ils sont appliqués une première fois une semaine après l'initiation de la floraison et une deuxième fois une semaine plus tard. L'application de Carbofuran au moment de la plantation est très efficace.

Les bruches du haricot (Acanthoscelides obtectus et Zabrotes subfasciatus) sont des charançons sans mandibules mesurant environ 2,5 mm de longueur et constituant le principal insecte nuisible des haricots entreposés. L'A. obtectus est prédominant dans les régions plus fraîches, tandis que le Z. subfasciatus préfère les régions plus chaudes. Les cycles de vie de ces deux types sont très similaires, les oeufs étant déposés sur les haricots entreposés ou dans les crevasses des cosses d'haricots sur pied. Les larves creusent un tunnel dans les graines pour s'en nourrir. Les charançons adultes ont la vie courte et ne se nourrissent pas beaucoup. Ces deux types de charançons peuvent être présents ensemble au début mais l'A. obtactus est un meilleur concurrent dans des regions à températures plus basses et prédomine tôt ou tard dans ces conditions. On estime que ces bruches sont responsables de 35% des pertes à l'entreposage au Mexique et en Amérique centrale.

Les limaces peuvent à l'occasion causer de gros dégâts sur les feuilles et sont surtout actives la nuit ou par temps humide et couvert. Leurs dégâts seront probablement localisés le long des bordures du champ mais

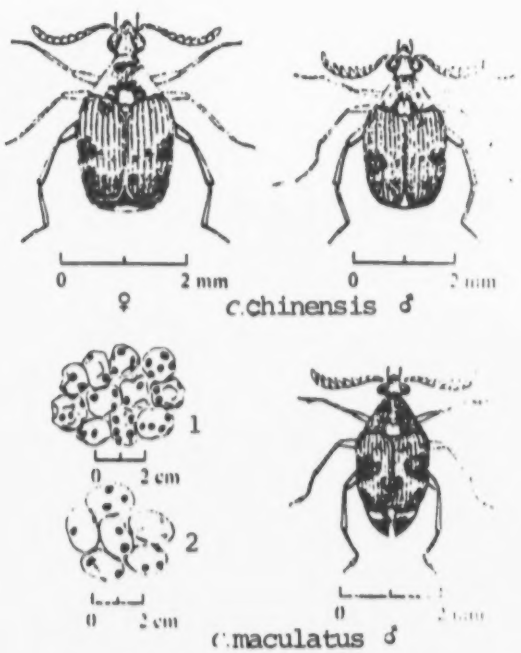
elles peuvent se déplacer vers l'intérieur des cultures. Le désherbage et le nettoyage du champ peut aider à s'en débarrasser, mais les poisons sont les plus efficaces. On reconnait la présence de limaces à la traînée qu'elles laissent derrière elles.

Insectes nuisibles des doliques

La chenille Maruca testulalis est l'insecte nuisible le plus important en ce qui concerne les doliques (pois sauvages) dans la région de savanne africaine. Elle s'attaque aux fleurs, aux cosses et aux feuilles, causant des pertes de production de l'ordre de 70 à 80%.

Les insectes coréides (insectes des plantes) sont de gros insectes suceurs de sève qui se nourrissent des cosses vertes qui vont se rabougrir et mourir.

Le doryphore Ootheca mutabilis se nourrit des feuilles et peut causer des pertes à la production quand les jeunes plantes sont attaquées en masse. Il est également porteur du virus mosaïque jaune.



Légende: 1-maïs endommagé
2-haricots endommagés

Bruches du dolique (Callosobruchus spp.)

Le thrip des fleurs (Megalurothrips sjostedti) est un insecte nuisible des doliques très répandu en Afrique tropicale. Les thrips sont munis de mandibules suceuses et sont très petits (environ 1 mm ou moins).

Les bruches ou charançons sans mandibule (Callosobruchus spp.) infestent les doliques sur pied aussi bien qu'entreposés. Les adultes peuvent voler sur une distance de 1 kilomètre et infesteront plus facilement les cultures protégées du vent par des installations. Les adultes, qui mesurent 2,5 mm, pondent leurs oeufs sur les cosses ou les graines et les larves creusent un trou dans le grain.

L'IIAT au Nigéria estime qu'un tiers des récoltes de doliques en Afrique est détruit par les bruches.

METHODES DE LUTTE CONTRE LES INSECTES

Méthodes non-chimiques

Un grand nombres de moyens de contrôle naturels aident à équilibrer la population des insectes :

- Les facteurs météorologiques comme la température et les précipitations peuvent restreindre la distribution d'une espèce d'insecte. Par exemple, les acariens et les cicadelles sont généralement plus répandus dans des conditions de sécheresse.

- Les barrières géographiques, comme de grandes étendues d'eau, les montagnes et les déserts peuvent également limiter la distribution des insectes.

- Les grenouilles, les crapauds, les lézards, les taupes et les oiseaux sont quelques-uns des animaux se nourrissant principalement d'insectes.

- Des insectes prédateurs utiles comme la coccinelle se nourrissent des aphides, tandis que d'autres comme la guêpe braconide et la mouche tachine pondent leurs oeufs sur ou dans certains insectes nuisibles qui

seront tués par les larves qui s'y développent. Malheureusement certains insectes prédateurs comme la mante religieuse se nourrissent également d'insectes utiles.

Les insectes sont également attaqués par les virus, les champignons et les bactéries, ce qui permet de réduire leur nombre.

Avec l'augmentation des activités agricoles, un grand nombre d'équilibres naturels ont été bouleversés et on ne peut plus compter sur ceux-ci pour contrôler les insectes nuisibles. La monoculture et la présence de grandes surfaces de culture ont eu pour résultat l'augmentation significative d'un certai nombre d'insectes nuisibles. L'emploi sans distinction de pesticides a en réalité contribué dans certains cas à l'accumulation d'insectes nuisibles. Un grand nombre des variétés de cultures traditionnelles, en dépit de leur faible productivité, possèdent une meilleure résistance aux insectes que certaines variétés améliorées.

Méthodes de lutte biologiques

La méthode biologique consiste à réintroduire, dans un but précis, des prédateurs, des parasites ou des maladies pour combattre une espèce d'insecte dévastateur. Environ 120 insectes différents ont été partiellement ou complètement détruits par cette méthode dans diverses parties du monde. Des insecticides microbiens, comme le Bacillus thuringiensis (efficace contre quelques types de chenilles) sont maintenant communément employés par les exploitants et les jardiniers dans un grand nombre de régions. Malheureusement, les mesures de contrôle biologique ne sont efficaces à l'heure actuelle que contre une très petite partie d'espèces dévastatrices d'insectes.

Méthodes de lutte agricoles

Des méthodes agricoles, comme la rotation des cultures, la culture dérobée, l'enfouissement des résidus de récoltes, un calendrier des cultures permettant d'éviter certains insectes et le contrôle des mauvaises herbes et de la végétation

naturelle donnant refuge aux insectes constituent toutes des méthodes de contrôle efficaces pour certains insectes. Cependant, dans la plupart des cas, il faudra suppléer aux contrôles agricoles avec d'autres méthodes.

Résistance des variétés

Les variétés de cultures diffèrent considérablement en ce qui concerne leur résistance à certains insectes. Par exemple, les variétés de maïs dont l'enveloppe de l'épi est longue et resserrée font preuve d'une bonne résistance aux vers de l'épi et aux charançons. Les équipes de recherche du CIAT ont trouvé que certaines variétés de haricot n'étaient relativement pas touchées par les dégâts des cicadelles au cours de la saison humide, tandis que d'autres souffraient des pertes de production pouvant aller jusqu'à 40%. La sélection de variétés résistantes aux insectes est une partie très importante des programmes de recherche sur l'amélioration des espèces.

Méthodes de lutte "organiques"

Une méthode "organique" fait référence à des méthodes non-chimiques en général. Celles-ci comprennent l'application de vaporisations "naturelles" domestiques fabriquées à partir d'aïl, de poivre, d'oignons, de savon, de sel, etc.. et l'utilisation de substances comme la bière pour tuer les limaces et les cendres de bois pour repousser les vers et autres insectes. Certains de ces insecticides d'"alternative" sont relativement efficaces sur des petites surfaces comme les jardins potagers et là où les insectes sont relativement peu nombreux. Ils sont rarement utilisables ou efficaces sur des terrains plus importants, surtout dans des conditions de culture tropicale qui favorisent l'accumulation d'insectes.

Méthodes chimiques

Les méthodes chimiques font référence à l'utilisation d'insecticides commerciaux sous forme de vaporisations, poudres, granulés, poisons, fumigations et traitement des graines. Si certains de ces insecticides, comme le rotétone et la pyréthrine sont dérivés de produits naturels, la plupart sont des composés organiques synthétiques qui ont été mis au point par la recherche dans ce domaine.

Avantages des insecticides :

- Ils agissent rapidement.
- Ils constituent les seuls moyens pratiques de contrôle une fois que la population des insectes a atteint le seuil économique de dégâts qu'ils peuvent causer sur une exploitation commerciale.
- Ils sont disponibles dans toute une gamme de propriétés, d'efficacité spécifique et de méthodes d'application.
- Ils sont relativement peu onéreux et, si on les utilise correctement, offrent un rappport de 4.00 à 5.00 $US pour chaque 1.00 $US dépensé.

Inconvénients des insecticides

- Résistance des insectes aux pesticides : Cela constitue un problème de plus en plus important. En 1961, 60 à 70 espèces avaient développé une résistance à certains produits, et ce chiffre avait atteint environ 200 au milieu des années 70.
- Recrudescence d'insectes nuisibles secondaires : Peu d'insecticides détruisent tous types d'insectes et certains favorisent même la recrudescence de certains insectes nuisibles. Par exemple, une utilisation continue de Sevin (carbaryl) dans le même champ peut augmenter le nombre de certains types d'aphidés qu'il ne détruit pas bien.
- Dégâts causés par erreur sur certaines espèces : Celles-ci comprennent les prédateurs utiles comme les abeilles et les animaux sauvages.

- Danger causé par les résidus : Certains composés d'hydrocarbone chloruré comme le DDT, l'Aldrine, l'Endrine, la Dieldrine et l'Heptachlor sont très persistants dans le milieu naturel et peuvent s'accumuler dans les tissus adipeux des animaux sauvages, du bétail et des hommes. Un grand nombre d'autres insecticides se décomposent relativement rapidement en des composés ne présentant aucun danger.

- Toxicité immédiate : Certains insecticides sont extrêmement toxiques en petites quantités pour les hommes et les animaux. Là encore, il est important de savoir que les insecticides varient grandement dans leur niveau de toxicité.

Statut actuel de l'utilisation des insecticides sur les cultures de référence

A l'heure actuelle et pour l'avenir immédiat, l'utilisation d'insecticides constituera souvent un aspect essentiel de tout ensemble de méthodes améliorées pour les cultures de référence. C'est pourquoi tous les travailleurs des services de vulgarisation devront apprendre les principes de base pour les appliquer sans danger et de façon efficace. Certains travailleurs des services de vulgarisation peuvent être personnellement opposés à l'emploi de ces produits chimiques, mais le fait est que les exploitants dans tous les pays en voie de développement les utilisent, souvent de manière dangereuse et sans distinction, étant donné le manque d'instruction adéquate. La plupart des pays en voie de développement ont peu ou pas du tout de régulations ou de restrictions en ce qui concerne l'emploi de produits dangereux pour l'environnement comme l'Aldrine ou d'insecticides très toxiques comme le Parathion. En inculquant aux exploitants certaines précautions d'emploi et en les éducant quant au choix et à l'utilisation appropriés d'insecticides, l'incidence d'empoisonnement humain et de dégâts sur l'environnement peut être grandement réduite.

Lutte intégrée contre les insectes nuisibles

Les inconvénients présentés par une dépendance complète des insecticides ont donné lieu à une lutte intégrée contre les insectes nuisibles ou maîtrise des insectes nuisibles comprenant l'emploi judicieux de ces produits chimiques basé sur les principes et grandes lignes suivantes :

- La mise au point et l'utilisation de méthodes agricoles et autres méthodes non-chimiques de lutte pour éviter ou réduire les problèmes d'insectes.
- La détermination de la tolérance des cultures aux attaques des insectes en se basant sur le principe qu'il est rarement nécessaire de se débarrasser entièrement des insectes nuisibles pour atteindre de bons rendements. Presque toutes les plantes peuvent tolérer une perte de feuilles importante sans que les rendements ne s'en trouvent gravement affectés.
- La mise au point d'un calendrier et d'une fréquence de traitements appropriés remplaçant une vaporisation routinière et préventive. On ne commence le traitement qu'une fois que l'insecte a atteint le seuil de dégâts économique, qui va varier considérablement selon les espèces. Le repérage d'insectes (des examens de reconnaissance pour repérer les types et les nombres d'insectes, leur densité et leur population) fait partie intégrale de ce système.

L'avènement d'une lutte intégrée contre les insectes nuisibles remonte au début des années 70, et la plus grande partie des efforts faits dans ce domaine se sont concentrés sur le coton pour lequel les insecticides peuvent représenter 80% des coûts totaux de production. On est également parvenu à des résultats spectaculaires avec d'autres cultures. Pour les cultures de référence, le contrôle intégré des insectes nuisibles en est encore à ses débuts, surtout dans les pays en voie de développement.

UNE UTILISATION SANS DANGER DES INSECTICIDES

Les précautions d'emploi, les données relatives à la toxicité et les mesures de première urgence concernant les insecticides sont traitées dans l'Annexe J, auquel il faudra se reporter avant de travailler avec les insecticides.

CE QU'IL FAUT SAVOIR
SUR LES INSECTICIDES

Terminologie des
pesticides

Pesticide : Terme général faisant référence aux produits chimiques contrôlant les insectes s'attaquant aux cultures, les acariens, les mauvaises herbes, les maladies, les nématodes et les rats.

Acaricide : Pesticide détruisant les acariens. Les acariens font partie de la même famille que les araignées et seuls certains insecticides peuvent les détruire. Certains pesticides comme le Kelthane ne détruit que les acariens, alors que d'autres comme le Diazinon et le Malathion sont efficaces contres les acariens ainsi que contre d'autres insectes.

Nématocide : Pesticide détruisant les nématodes. Certains insecticides comme le Carbofuran et le Mocap tuent également les nématodes, mais ce n'est pas le cas de la plupart des insecticides. Certains nématocides comme le Némagon ne détruisent que les nématodes, tandis que d'autres, comme le VAPAM, le Basamide et le bromure de méthyle sont des stérilisants du sol tuant également les insectes, les mauvaises herbes, les champignons et les bactéries.

Insecticides systématiques comparés aux insecticides non-systématiques

Presque tous les insecticides modernes sont des poisons de contact tuant les insectes par absorption du corps. Les poisons de contact agissent comme des poisons stomacaux s'ils sont mangés par les insectes. La plupart des insecticides sont non-systématiques et ne sont pas absorbés par la plante. Les insecticides systématiques sont absorbés dans la sève de la plante et la plupart émigrent partout dans la plante. La plupart des insecticides systématiques comme le Métasystox, le Diméthoate (Rogor, Perfecthion) et le Lannate sont vaporisés sur le feuillage des plantes. D'autres comme le Carbofuran, le Thimet et le Di-syston sont appliqués au sol en bande le long des rangées de culture, où ils sont absorbés par les racines des plantes puis émigrent dans les tiges et les feuilles. Certains de ces insecticides systématiques d'application au sol détruisent également certains insectes du sol.

Il faudra prendre en considération certains facteurs quand on choisit entre un insecticide systématique et non-systématique :

- Les insecticides systématiques sont particulièrement efficaces contre les insectes suceurs de sève comme les aphidés, les cicadelles, les punaises et les thrips, puisque ceux-ci se nourrissent de la sève. Cependant, un grand nombre d'insecticides de contact non-systématiques détruisent également les insectes suceurs de sève de façon adéquate.

- La plupart des insecticides systématiques sont moins efficaces contre les chenilles et les doryphores, mais peuvent détruire certains insectes térébrants de la tige.

- Les insecticides systématiques foliaires peuvent rester dans la plante jusqu'à trois semaines. Les insecticides systématiques d'application au sol peuvent assurer un bon contrôle pendant six semaines. Cependant, cela signifie également qu'il ne faudra pas les appliquer trop près du moment de la récolte, ce qui pauserait des problèmes de résidus.

- La plupart des insecticides systématiques ne présentent

aucun danger pour les insectes utiles.

- Les insecticides systématiques d'application foliaire ne sont pas décomposés par la lumière du soleil ou entraînés par les pluies comme c'est le cas des insecticides non-systématiques.

- Puisqu'ils émigrent, les insecticides systématiques ne requièrent pas une vaporisation uniforme lorsqu'ils sont appliqués aux feuilles. Une nouvelle croissance survenant après leur application est également protégée.

- Certains insecticides systématiques comme le Thimet, le Di-syston et le Systox sont extrêmement toxiques s'ils sont absorbés par voie buccale ou dermique. Cependant, c'est également le cas de certains insecticides non-systématiques comme le Parathion et l'Endrine (se reporter à l'Annexe J).

Compositions des insecticides

La plupart des insecticides sont disponibles sous diverses formes :

- POUDRES HUMECTABLES, POUDRES SOLUBLES : La teneur en principe actif de celles-ci est de l'ordre de 25 à 95% et il faut les diluer dans de l'eau et les distribuer avec un vaporisateur. Par exemple, la Sevine 50 W est une poudre humectable à 50% en poids de carbaryle pur. Une fois mélangées à l'eau, les poudres humectables devront être agitées périodiquement (secouées ou brassées pour les empêcher de se déposer au fond). Les poudres solubles ("PS") sont entièrement solubles et n'ont pas besoin d'être agitées.

- CONCENTRES EMULSIFIABLES ("CE" ou "E") : Ce sont des formes liquides concentrées. Comme pour les poudres humectables, les CE sont dilués dans de l'eau et vaporisés. Ils contiennent 20 à 75% de principe actif. Dans les pays utilisant un système de mesure basé sur les livres et les gallons, une étiquette portant "Malathion 5 E" fera référence à un produit liquide de malathion contenant 5 livres de principe actif par gallon. Là où les litres et les grammes sont utilisés, les CE sont souvent étiquetés en fonction des grammes de principe actif par litre. Par exemple, le Tamaron 600 est un produit liquide de

Tamaron à teneur en principe actif de 600 grammes par litre.

- POUDRES FINES ("P") : A la différence des PH et des CE, celles-ci sont des poudres à faible teneur (principe actif de 1 à 5%) et doivent être appliquées sans être diluées avec un pulvérisateur. Ces poudres sont généralement plus onéreuses que les PH ou les CE, les coûts de transport étant plus élevés par unité de principe actif. Cependant, si elles sont préparées dans le pays-même, elles peuvent être avantageuses et convenir en particulier aux situations où l'exploitant a des problèmes pour amener l'eau dans son champ. Elles ne collent pas aux feuilles autant que les vaporisations et sont plus facilement entraînées par les eaux de pluie. Leur niveau de rétention sera amélioré si elles sont appliquées quand les feuilles sont couvertes de rosée. Elles présentent plus de dangers d'inhalation que les vaporisations. Il ne faut jamais les mélanger à de l'eau.

- GRANULES ("G") : Comme les poudres fines, les granulés sont faibles en teneur et devront être appliqués sans être dilués. Ils conviennent surtout aux applications au sol et au verticille des feuilles du maïs et du sorgho pour la destruction des chenilles de la leucanie. Les granulés ne sont pas efficaces sur les feuilles, car ils n'y tiennent pas. Le Furadan 3G est un insecticide se présentant sous forme de granulés qui contient 3% de carbofuran pur.

- LES INSECTICIDES FULMINANTS : Ils sont disponibles sous forme de pastilles, de granulés, de liquides et de gaz et leurs émanations détruisent les insectes. Ils sont utilisés pour tuer les insectes s'attaquant aux grains entreposés ou appliqués au sol pour détruire les insectes, nématodes et autres animaux nuisibles.

- GRANULES EMPOISONNES : Ils sont généralement les plus efficaces pour détruire les agrotis, les criquets, les limaces et les escargots.

  Les agrotis sont contrôlés plus efficacement par l'application de granulés empoisonnés que par vaporisation. Il faudra disséminer les granulés empoisonnés près des plantes en fin d'après-midi si des averses sont improbables. Il ne faudra pas les laisser en tas, car ils peuvent empoisonner les oiseaux ou le bétail. Un kg de granulés empoisonnés doit pouvoir couvrir 400 mètres carrés.

  Recette de nourriture empoisonnée pour les agrotis :

  25 kg d'excipient (sciure de bois, son, farine de maïs, etc..)

3 l de molasses

1 à 1,25 kg de principe actif (trichlorfon ou carbaryle)
On peut ajouter de l'eau pour humidifier le tout.

Les limaces et les escargots peuvent être contrôlés en appliquant les granulés empoisonnés en fin d'après-midi en bande le long des bordures du champ ou dans les secteurs où ils prolifèrent. Il ne faudra pas les appliquer si on s'attend à de la pluie, car celle-ci peut leesivé l'insecticide.

Recette de nourriture empoisonnée pour les limaces et les escargots :

25 kg de farine de maïs ou de son
10 l de molasses
65 g de métaldéhyde (un poison stomacal à faible toxicité dermique)
ou 0,5 kg de principe actif de trichlorofon
ou 0,5 kg de principe actif de carbaryle.

Classification chimique des insecticides

Les insecticides commerciaux appartiennent à trois principales classifications ou groupes chimiques :

- Les hydrocarbones chlorurés (organochlores) : Un grand nombre des insecticides appartenant à ce groupe, comme le DDT, l'Aldrine, l'Endrine et la Dieldrine ont une longue vie résiduelle et ont posé des problèmes de l'environnement (mort de poissons par exemple). Cependant d'autres composés de ce groupe comme le Méthoxychlore sont facilement biodégradable. La toxicité envers les hommes et les animaux des insecticides appartenant à ce groupe varie grandement. (cf Annexe K).

- Les phosphates organiques (organophosphates) : Les insecticides appartenant à ce groupe, comme le Malathion, le Dipterex, le Dianizon et le Parathion ont une vie résiduelle bien plus courte que la plupart des organochlores. Leur toxicité envers les hommes et les animaux varie énormément. Certains, comme le Parathion, le TEPP, l'Endrine et le Thimet sont extrêmement dangereux, tandis que d'autres, comme le Malathion, le Gardona et l'Actellic sont

parmi les insecticides les moins dangereux.

- Les carbamates : Un nombre relativement limité d'insecticides appartiennent à ce groupe et ils tendent à être de toxicité faible à modérée. Les exceptions sont le carborufan et le méthomyle dont la toxicité par absorption buccale est élevée. Le carbaryle et le propoxur sont probablement les carbamates les plus connus. La vie résiduelle des insecticides appartenant à ce groupe varie de courte à modérée.

Calcul des dosages d'insecticides

Pour tous les types de pesticides, il existe quatre façons principales d'indiquer les dosages :

1. Quantité de principe actif (produit chimique pur) requis par hectare ou acre.
2. Quantité de produit effectif (c'est-à-dire Sevin 50 PH ou Furadan 3 G, etc..) requise par hectare ou acre.
3. Quantité de produit effectif requise par litre ou gallon d'eau.
4. Pourcentage de concentration dans l'eau de vaporisation.

Les dosages de types 1 et 2 conviennent mieux à de grandes étendues de terre ou aux pesticides (herbicides surtout) nécessitant une exactitude de dosage d'application. Une calibration du vaporisateur sera nécessaire dans les deux cas pour déterminer le volume d'eau à utiliser et la quantité de pesticide à ajouter à chaque remplissage.

Les dosages de types 3 et 4 sont des recommandation très générales convenant plutôt à des terrains plus petits ou dans les cas où une exactitude de dosage n'est pas critique.

1. QUANTITE DE PRINCIPE ACTIF REQUIS PAR HECTARE : Par exemple, un dosage peut être donné comme 2 kg de principe actif de carbaryle par hectare. Cela se traduit en 2 kg de Sevin pur (100%). Les produits effectifs des pesticides variant en teneur de 1 à 95%, il faudra faire un calcul assez compliqué pour déterminer la quantité nécessaire du produit donné pour obtenir une quantité donnée de principe actif. Si le magasin local d'approvisionnement en produits agricoles vend le

carbaryle 50% pH, l'exploitant en aura besoin de 4 kg par hectare de façon à obtenir 2 kg de principe actif.

Il faut remarquer qu'on ne parle pas de la quantité d'eau que l'exploitant devra mélanger avec le pesticide pour une vaporisation sur les plantes. Celle-ci dépendra de la taille des plantes, de la densité de plantation et du degré de couverture désiré. La seule façon de déterminer la quantité d'eau nécessaire sera de calibrer le vaporisateur.

2. QUANTITE DE PRODUIT EFFECTIF REQUISE PAR HECTARE OU PAR ACRE :

Une recommandation de 4 l de Marathion 50% par hectare, par exemple, est relativement plus simple qu'un dosage de Type 1, car elle est donnée en fonction du produit effectif plutôt qu'en fonction du principe actif. Il faudra cependant que l'exploitant sache quand même la quantité du produit à utiliser pour la surface de son champ et la quantité d'eau nécessaire pour couvrir cette surface de façon adéquate avec son vaporisateur. Il lui faudra calibrer (régler) celui-ci.

3. QUANTITE DE PRODUIT EFFECTIF NECESSAIRE PAR LITRE OU PAR GALLON D'EAU : Si le dosage recommandé est exprimé par exemple comme 5 cc de Malathion 50% CE par litre d'eau, ni la calibration du vaporisateur ni le calcul du dosage ne seront nécessaires. L'inconvénient est que la quantité de pesticide que l'exploitant va appliquer à son champ va dépendre entièrement de son rythme de marche au moment de la vaporisation, du degré de finesse du jet de vaporisation et de la pression de vaporisation utilisée. Cependant, si l'on se conforme à des normes d'emploi adéquates, les recommandations de dosage de Type 3 sont suffisamment précises pour la plupart des conditions de culture et sont les plus pratiques pour les petits exploitants. Il ne faudra pas les utiliser pour la plupart des herbicides pour lesquels l'exactitude de dosage est critique.

4. POURCENTAGE DE CONCENTRATION DANS L'EAU DE VAPORISATION : C'est pratiquement le même type de dosage que celui de Type 3, sauf que la concentration de pesticide dans l'eau de vaporisation est donnée en pourcentage et non pas en cc/litre. De telles recommandations sont généralement basées sur un pourcentage en poids, bien que parfois un % en volume soit utilisé quand il s'agit de CE (la différence est minime). Le pourcentage donné peut se rapporter au principe actif ou au produit effectif. Comme pour

les recommandations de dosage de Type 3, la calibration du vaporisateur n'est pas nécessaire et la précision du dosage n'est pas aussi bonne qu'avec les Types 1 et 2.

Calcul des dosages des pesticides

Recommandations pour la conversion d'un principe actif à un produit effectif

Une fois que l'on connait la quantité de produit nécessaire par hectare ou par acre, on peut aisément calculer les quantités nécessaires pour le champ de l'exploitant en multipliant les dimensions du champ en hectares par le dosage/hectare.

Comment suivre les recommandations concernant la teneur en pourcentage du produit de vaporisation :

Il faudra d'abord déterminer si la teneur en pourcentage du produit de vaporisation doit être calculée en fonction du principe actif ou du produit effectif. Par exemple, une recommandation particulière peut proposer l'emploie d'une teneur en produit de vaporisation de 2% par rapport au Malathion pur.

Selon une autre recommandation, il faudra peut-être utiliser une teneur en produit de vaporisation (Lebaycide) de 0,1% par rapport à un CE à 50% pour la destruction de thrips sur les arachides.

- Pour les poudres humectables (PH)

  Quand on utilise des PH, la teneur en pourcentage du produit de vaporisation est basée sur le poids du pesticide par rapport au poids d'eau. Puisqu'un litre d'eau pèse 1 kg, les formules suivantes peuvent être utilisées :

  Sur la base du principe actif

  Grammes de poudre humectable nécessaire par litre d'eau

  $$= \frac{2\% \times 1000}{40\%} = \frac{20}{0,4} = 50 \text{ g}$$

  Sur la base du produit effectif

  Grammes de poudre humectable nécessaire par litre d'eau

  = teneur en % du produit de vaporisation désirée x 1000

- Pour les liquides (CE)

  Sur la base du principe actif

  cc (ml) de CE nécessaire par litre d'eau

  $$= \frac{\text{teneur en \% du produit de vaporisation désirée} \times 1000}{\text{\% de principes actifs dans le CE}}$$

RECOMMANDATIONS GENERALES POUR L'APPLICATION D'INSECTICIDES

Le traitement quand est-il nécessaire?

Les exploitants devront appliquer les insecticides pour résoudre des problèmes réels d'insectes plutôt que de façon systématique et routinière. Dans des conditions idéales, il ne faudrait utiliser des insecticides que lorsque les dégâts ont atteint le seuil économique. Ce niveau varie selon les espèces d'insectes, la culture ainsi que le type et l'étendue des dégâts.

Recommandations générales (se reporter également à la section traitant des principaux insectes pour les cultures de référence) :

- Insectes du sol. Ces insectes nuisibles devront être traités de façon préventive par l'application d'insecticide avant et au moment de la plantation s'il existe un problème connu. Les traitements effectués après la plantation ne sont généralement pas efficaces sauf dans le cas d'appâts empoisonnés visant les agrotis.

- Insectes se nourrissant des feuilles (doryphores, chenilles) : Les cultures peuvent tolérer une perte considérable de feuilles tant que de jeunes feuilles continuent à être produites. La perte de surface de feuillage devient plus grave quand on approche la fin de la période végétative, bien qu'une perte de feuilles aux derniers stades du développement du grain n'ait pas grand effet sur le rendement.

  Les térébrants de la tige causent généralement plus de dégâts quand leur population est beaucoup moins dense que la plupart des insectes se nourrissant de feuilles. La mouche de la tige du sorgho, le moucheron du sorgho et une

espèce de cicadelle du haricot (Empoasca kraemeri) sont d'autres exemples d'insectes atteignant le seuil économique de dégâts avec des populations relativement faibles.

- Insectes suceurs de sève : Toutes les espèces d'aphidés et de cicadelles ne propagent pas des maladies virales. Par exemple, le CIAT a trouvé que les rendements des haricots diminuaient d'environ 6% pour chaque cicadelle de type Empoasca kraemeri présent par feuille, bien que cette espèce ne transmette pas de virus. Les plants de haricot peuvent bien tolérer les aphidés à moins qu'ils n'appartiennent à une espèce capable de transmettre le virus de la mosaïque du haricot ordinaire.

Comment utiliser un vaporisateur de façon efficace

Comment couvrir correctement la surface à traiter

L'étendue et l'uniformité de la surface de traitement nécessaire dépendent de l'emplacement des insectes et du type d'insecticide utilisé (systématique ou non). Dans certains cas, comme pour des chenilles de la leucanie s'attaquant au verticille des feuilles du maïs, l'insecte est très localisé et une application générale n'est pas nécessaire. D'autres insectes font des dégâts plus généralisés et nécessitent une vaporisation minutieuse de toute la plante. Puisqu'ils émigrent, les insecticides systématiques ne requièrent pas la même application uniforme que les insecticides non-systématiques.

La quantité d'eau nécessaire à un traitement adéquat varie selon la taille de la plante, la densité de population, le type de produit (systématique ou non) et l'emplacement des insectes, mais il existe des directives générales :

Quantité d'eau pour les insecticides : Quand on traite tout le feuillage d'une plante de taille adulte, il sera nécessaire d'utiliser en viron 500 à 550 litres d'eau par hectare avec des vaporisateurs conventionnels. Si la vaporisation est localisée ou si les plantes sont très petites, le volume d'eau peut ne représenter qu'un tiers de cette quantité.

Si le produit vaporisé dégoutte des feuilles, c'est

un signe que l'on a trop vaporisé, mais cela peut être également dû à une quantité insuffisante d'agent d'humidification (disperseur).

Emploi d'un disperseur et d'un adhérent

Un disperseur (agent d'humidification) réduit la tension de surface des gouttelettes de vaporisation, leur permettant de s'étendre plutôt que de rester sous forme de globules individuelles sur la surface de la feuille. Les disperseurs améliorent de façon significative l'uniformité de la vaporisation et aident également à empêcher les gouttelettes de tomber des feuilles.

Un adhérent (agent d'adhérence) est une substance similaire à une colle qui fait adhérer la vaporisation à la surface des feuilles et lui permet de résister aux pluies ou à des jets d'irrigation.

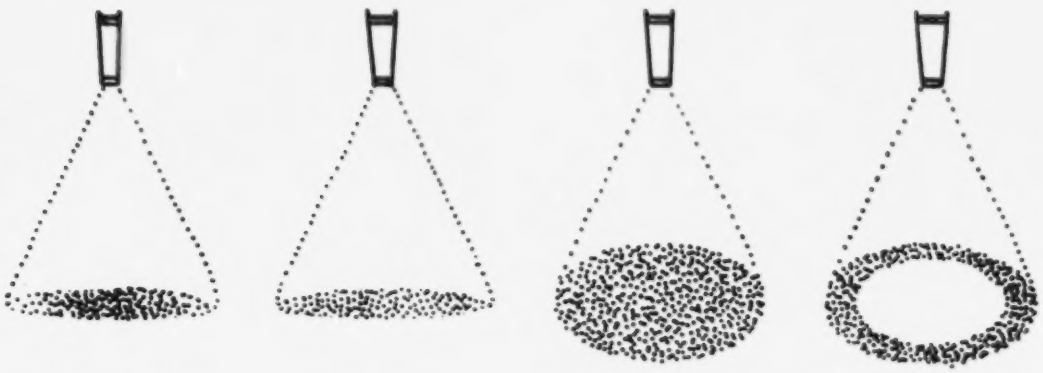
Un grand nombre de disperseurs et d'adhérents commerciaux sont disponibles, y compris des produits combinant les deux. L'étiquette figurant sur l'insecticide indiquera s'il est nécessaire d'utiliser un adhérent ou un disperseur. Pour une vaporisation du sol, leur emploi n'est pas nécessaire. Pour la vaporisation du verticille des feuilles du maïs, un disperseur n'est pas nécessaire mais un adhérent peut être utile. L'emploi d'un adhérent et d'un disperseur est particulièrement important pour l'application de la plupart des fongicides foliaires.

Les adhérents et disperseurs commerciaux sont relativement peu onéreux. Cependant, s'ils ne sont pas disponibles dans le commerce, ils peuvent être fabriqués. Blanc d'oeuf, farine de cassave (yucca, manioc) et fécule de maïs peuvent être utilisés comme adhérents à raison d'environ 15 cc pour 15 litres. Un produit liquide pour la vaisselle constitue un disperseur adéquat dans les mêmes proportions.

Disperseurs non-ioniques : Les herbicides paraquat et diquat d'application post-émergence sont différents en ce sens qu'ils nécessitent l'emploi de disperseurs non-ioniques de façon à éviter une désactivation (perte d'efficacité). L'ortho-77 est un disperseur non-ionique disponible dans le commerce.

Comment choisir un diffuseur de vaporisateur

Il existe toute une gamme de diffuseurs classés selon la diffusion, l'angle de vaporisation et le type de vaporisation. La sélection du bon type de diffuseur aura une grande influence sur l'efficacité du pesticide.



en éventail à plat | uniforme à plat | en cone plein | en cone creux

Différents types de diffusion

Diffusion : Un grand nombre de vaporisateurs à dos sont déjà équipés de diffuseurs réglables permettant à l'exploitant de changer le degré de finesse de la diffusion. Bien que cela puisse paraître constituer un avantage, ces diffuseurs ne restent pas bien réglés et la diffusion peut changer considérablement en cours d'application. Cela va présenter un problème dans les cas où une exactitude de dosage est nécessaire et rend difficile la calibration du vaporisateur. Des diffuseurs à orifice fixe sont disponibles dans toute une gamme de types de diffusion et il faudra utiliser ceux-ci toutes les fois où cela sera possible.

Angle de diffusion : Voir diffusion à plat.

Type de diffusion : Il faudra choisir avec soin le type de diffusion correspondant au type de travail à effectuer.

- Diffuseurs de vaporisation à plat (en éventail) : Ils

conviennent de façon idéale à des applications à la volée (pour couvrir entièrement une surface) d'insecticides ou d'herbicides sur la surface du sol (et les petites mauvaises herbes). Le taux d'application diminue aux deux bords si bien que le schéma de vaporisation de deux diffuseurs adjacents se chevauche sur une largeur de trois à quatre doigts à la surface du sol pour donner une distribution uniforme du produit. Les diffuseurs en éventail ne couvrent pas la surface à traiter de façon aussi uniforme que les diffuseurs coniques quand ils sont utilisés pour vaporiser le feuillage des cultures. Les diffuseurs en éventail sont disponibles avec différents angles de largeur de vaporisation. Un angle plus ouvert permet de porter l'ajutage de vaporisation plus près du sol, ce qui empêche le produit vaporisé d'être emporté par le vent.

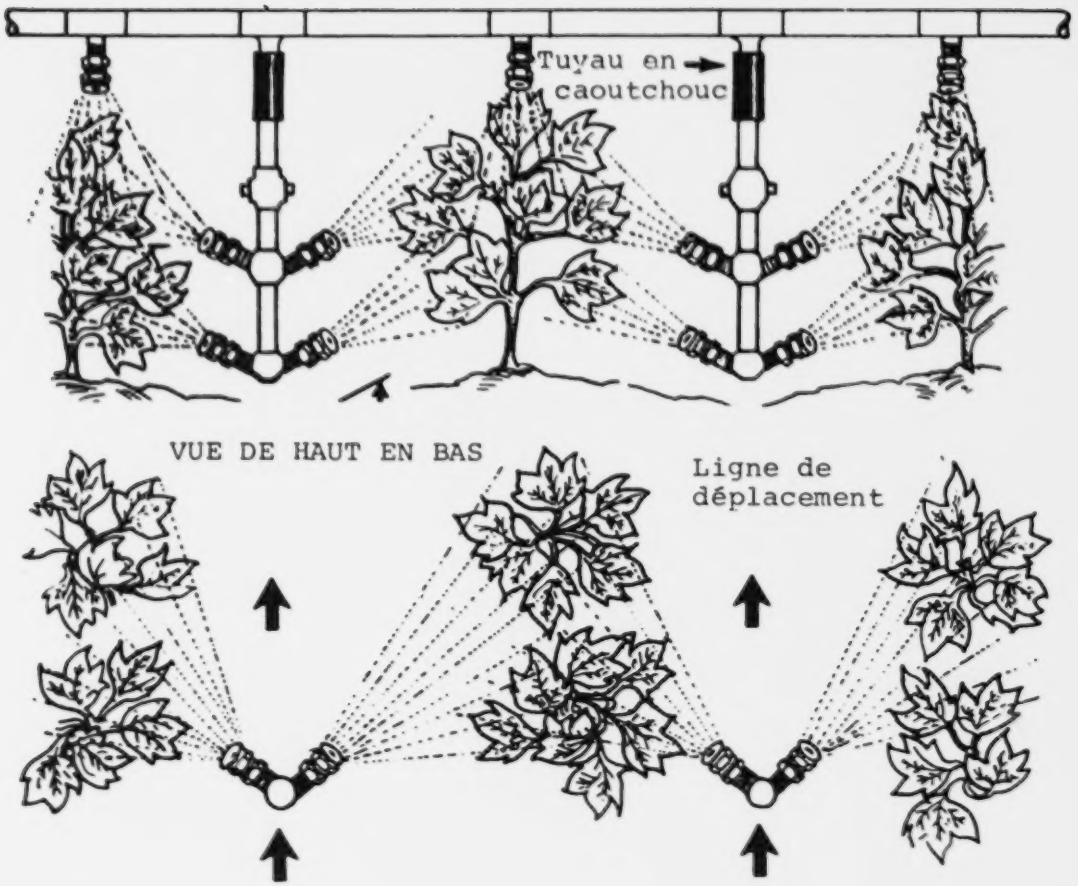
- Diffuseurs de vaporisation uniforme (en éventail) à plat : A utiliser pour des applications en bande de pesticides au sol. Le taux de vaporisation ne diminue pas aux bords ; les schémas de diffusion ne devront donc pas se chevaucher et ils ne conviennent pas à des applications à la volée.

- Diffuseurs de vaporisation en cone plein : Ils couvrent mieux la surface du feuillage que les diffuseurs en éventail mais il ne faudra pas les utiliser pour l'application d'herbicides et d'insecticides au sol.

- Diffuseurs de vaporisation en cone creux : Ils couvrent un peu mieux la surface du feuillage à traiter que les diffuseurs de vaporisation en cone plein, ceci étant dû à une plus grande agitation des feuilles au passage de la vaporisation sur les plantes.

- Diffuseurs de vaporisation avec un réservoir d'agitation : Il s'agit de diffuseurs coniques avec un grand angle de vaporisation qui peuvent être utilisés à la place de diffuseurs en éventail. Ils sont conçus pour ne pas se boucher et minimiser la dispersion du produit par le vent grâce à un schéma de vaporisation avec un grand angle (ce qui permet de baisser la hauteur de l'ajutage) et des gouttelettes plus grosses.

Ecrans de diffuseurs : Les diffuseurs utilisés sur les ajutages de vaporisateurs montés sur tracteurs sont généralement munis d'écrans en treillis pour les empêcher de se boucher. Certains vaporisateurs à dos sont munis d'écrans ou ceux-ci peuvent y être adaptés. Il faudra les nettoyer régulièrement, surtout si l'on emploie des poudres humidifiables.



Les diffuseurs sont dirigés vers l'avant par rapport à la direction du tracteur pour que le produit vaporisé s'écoule le long de la rangée et non pas sa largeur.

Illustration : Rohm & Haas Co., Philadelphie, Pennsylvanie.

Arrangement idéal d'un ajutage de vaporisation monté sur tracteur pour l'application d'insecticides et de fongicides permettant de couvrir la surface à traiter de façon uniforme. Remarquer que l'angle d'inclinaison des diffuseurs est d'environ 30° vers le haut et 30° vers l'avant. Pour les cultures de petite à moyenne taille, une seule rangée de diffuseurs peut suffire.

Conseils pour l'application d'insecticides à l'aide d'un vaporisateur à dos

- Utiliser une bonne pression et une vaporisation fine. Si le produit vaporisé dérive trop, c'est que la pression est trop forte.
- Conserver le même rythme de marche. Eviter de s'arrêter à chaque plante à moins que la plante ne soit très grande.
- Faire tourner le poignet tout en vaporisant pour que le jet atteigne le feuillage à des angles différents.
- Maintenir le diffuseur suffisamment éloigné du feuillage pour que le jet puisse se répartir avant d'atteindre les feuilles.
- Si l'on utilise une poudre humidifiable, ne pas oublier d'agiter le vaporisateur de temps à autre pour que le pesticide reste bien en suspension.
- Avoir sur soi un bout de fil de fer pour déboucher les diffuseurs, mais l'utiliser avec soin pour éviter d'endommager l'orifice du diffuseur.
- Ne pas vaporiser les plantes dont les feuilles sont humides ou quand on s'attend à de la pluie dans les quelques heures qui suivent.
- Ne pas rajouter des poudres humidifiables ou des CE directement dans le réservoir du vaporisateur. Il faudra d'abord les mélanger soigneusement dans un seau avec plusieurs litres d'eau et s'aasurer que les poudres sont bien dissoutes.

Compatibilité
des pesticides

La plupart des pesticides sont compatibles les uns avec les autres dans le réservoir du vaporisateur, mais il faudra se reporter à leur étiquette pour s'en assurer. Pour certaines cultures, comme les arachides et les légumes, les fongicides et insecticides foliaires sont souvent appliqués ensemble. Des tableaux de compatibilité de produits de vaporisation sont disponibles auprès d'un grand nombre de fabricants de pesticides.

Une eau dont le pH est de 8,0 ou plus (alkaline) entraîne la décomposition rapide des insecticides à phosphate organique. On trouvera une eau avec un pH très élevé surtout

dans les terrains calcaires et dans les régions à faibles précipitations. On peut faire baisser le pH avec des agents-tampons spéciaux si cela est nécessaire.

Certains insecticides sont phytotoxiques pour certaines cultures (ils peuvent les endommager). Il faudra toujours se reporter à l'étiquette. Les formules sous forme de poudres humidifiables ont tendance à être moins phytotoxiques que les concentrés émulsifiables, surtout dans des températures supérieures à 32°C.

Sorgho :
Le trichlorfon cause de graves dégâts. L'azodrine et le parathion méthyle causent certains dégâts.

Arachides :
Des dégâts mineurs du feuillage se manifestant sous forme de tâches brunes rougeâtres apparaissant sur les premières feuilles peuvent parfois résulter de l'application au sol de carbofuran, de Thimet et de Disyston. Les plantes passent généralement au travers de ces dégâts sans que leur rendement ne s'en trouve diminué. Les variétés à solons cultivées sur un sol sablonneux sont les plus sensibles et il faudra réduire le dosage du produit de 25% dans de telles conditions de culture.

Recommandations de certains insecticides pour les cultures de référence

On ne recommande pas l'emploi de pesticides spécifiques pour les cultures de référence dans ce manuel, à cause d'erreurs possibles de classification de problèmes causés par des insectes nuisibles et d'erreurs d'utilisation de pesticides. Plutôt que de se rapporter à ce manuel pour le diagnostic des problèmes d'insectes et la sélection d'un pesticide, il est recommandé de s'en remettre aux recommandations d'insecticides faites par les services de vulgarisation du pays auquel vous êtes affecté si l'on sait qu'ils sont efficaces et si leur application n'entraîne pas l'emploi de produits chimiques à haute toxicité de Classe 1 (voir Annexe K). Avant d'utiliser tout insecticide, il faudra se référer aux recommandations d'emploi et aux données de toxicité qui se trouvent dans l'Annexe K. Il faudra toujours connaître la toxicité relative ainsi que les dangers pour l'environnement des produits que vous allez utiliser ou recommander.

LUTTE CONTRE LES MALADIES

Types de maladies et leur identification

Maladies parasitaires et maladies non-parasitaires

Les maladies parasitaires sont causées par certains types de champignons, de bactéries et de virus qui envahissent les plantes et se multiplient dans leurs tissus.

Les maladies non-parasitaires (non-infectieuses) sont causées par des conditions adverses de culture ou par d'autres facteurs non-parasitaires tels que :

- Des excès, des déficiences ou des déséquilibres des éléments nutritifs du sol.
- Une acidité ou alkalinité excessive du sol.
- Des extrêmes de températures.
- Un mauvais écoulement des eaux ou une sécheresse.
- Des dégâts causés par un équipement mécanisé, par des engrais ou par un pesticide.
- Des agents de pollution de l'air comme l'ozone et le dioxide de sulfure.

Certaines de ces conditions non-parasitaires produisent des symptômes que l'on peut confondre aisément avec ceux de maladies parasitaires.

Maladies fongueuses

Les fongus (champignons) sont en fait de minuscules plantes parasitaires ne comportant ni racines, ni feuilles, ni chlorophylle et se nourrissant de matière organique vivante ou en décomposition. Ils se reproduisent et se propagent par des graines microscopiques que l'on appelle spores. Certains

champignons, comme ceux qui aident les résidus des récoltes à se décomposer en humus, sont utiles. Les champignons peuvent pénétrer directement dans les tissus de la graine, de la feuille ou des roches ou peuvent pénétrer par des ouvertures naturelles ou des plaies. Les maladies fongueuses se manifestent généralement par une tavelure des feuilles pouvant entraîner la perte de celles-ci ; la pourriture des graines, des branches, des tiges, des racines, des épis et des cosses ; et les moisissures d'entreposage et les flétrissements.

Les maladies causées par les champignons sont de loin les plus communes parmi les cultures de référence, les spores étant très résistants à des conditions adverses. Ils sont aisément propagés par le vent, l'eau, le sol et l'équipement agricole, et certains types peuvent être également portés par les semences-mêmes des cultures. La plupart des maladies fongueuses se développent et se propagent beaucoup plus aisément dans des conditions de forte humidité. Une importante caractéristique commune aux maladies fongueuses est leur aptitude de mutation pour produire de nouvelles races résistantes à certains fongicides.

Maladies bactériennes

Les bactéries sont des organismes microscopiques unicellulaires se multipliant par division. Comme les champignons, certaines bactéries sont utiles et assurent certaines fonctions essentielles comme la conversion de formes organiques inaccessibles d'éléments nutritifs en formes inorganiques (minérales) accessibles. D'autres envahissent les plantes et sont responsables de maladies produisant la tavelure des feuilles, le flétrissement, les galles et la pourriture des fruits et des tiges. Les maladies bactériennes sont généralement beaucoup moins répandues que les maladies fongueuses et ce pour plusieurs raisons :

- Les bactéries ne passent pas par un stade de spore

résistant et dépendent beaucoup de températures et de conditions d'humidité favorables.

- A l'inverse des champignons, les bactéries ne peuvent pas pénétrer par force dans les tissus végétaux et doivent entrer par des orifices naturels ou des plaies.

- Bien que les maladies bactériennes puissent être propagées par des pluies entraînées par le vent, l'équipement agricole et certains types d'insectes (certains doryphores en particulier), elles sont transmises beaucoup moins rapidement que les maladies fongueuses.

Maladies virales

Les virus sont des particules microscopiques composées d'un noyau d'acide nucléique (matériau génétique) entouré d'une couche de protéine. Les virus peuvent de multiplier en entraînant les cellules porteuses vivantes à produire davantage de particules virales et ils peuvent également se transformer pour créer différentes lignées. Ils sont surtout propagés par les insectes suceurs de sève comme les aphidés, les cicadelles et les thrips. La relation entre ces insectes porteurs (transmettant la maladie) et les virus est parfois très spécifique. Par exemple, le virus de la rosette des arachides n'est transmis que par une espèce d'aphidé. Les mauvaises herbes sont susceptibles à certains virus et servent d'hôtes alternatifs des maladies virales qui sont transmises aux cultures par les insectes suceurs de sève.

Les virus ne tuent généralement pas les plantes, mais ils peuvent réduire grandement le rendement et la qualité des récoltes. Leurs symptômes sont très variés : tiqueture (tacheture), enroulement, chlorose (jaunissement) ou nécrose, zébrure des feuilles et une formation excessive de branches.

Comment identifier les maladies des plantes

Certaines maladies des plantes peuvent être aisément identifiées dans le champ-même par des néophites. Cependant, dans certains cas, la formation d'un diagnostic précis requiert une bonne expérience des cultures ou même l'expertise d'un pathologiste spécialiste des plantes et des installations de laboratoire. Pour en savoir davantage sur l'identification des

maladies des plantes, se reporter à l'Annexe I "Recherche des causes des problèmes se manifestant fréquemment dans les cultures de référence". On trouvera dans la bibliographie des sources de référence donnant une description détaillée des maladies des cultures de référence.

Méthodes de lutte contre les maladies et leur efficacité

Prévention ou guérison

La plupart des maladies, comme les virus et les pourritures bactériennes et fongueuses des graines, des jeunes pousses, des racines, des tiges et des branches ne peuvent être contrôlées une fois qu'elles ont pénétré dans les tissus de la plante. On peut contrôler de façon satisfaisante à bonne les tavelures fongueuses des feuilles avec des fongicides foliaires mais cette opération n'est généralement pas économique pour des cultures de faible valeur comme le maïs, le millet et le sorgho. Les méthodes de contrôle des maladies sont par conséquent plutôt préventives que curatives.

Méthodes non-chimiques de lutte contre les maladies

- Variétés résistantes : La résistance aux maladies est une priorité dans le domaine de la recherche génétique. Les chercheurs ont isolé des sources génétiques de résistance à certaines des maladies parmi les plus sérieuses, surtout en ce qui concerne les virus et d'autres types pour lesquels des mesures chimiques de contrôle ne sont pas efficaces ou pas économiques. Cependant, une résistance ne signifie pas une immunité à 100%, et l'aptitude des virus et des champignons à se transformer par mutation en de nouvelles races pose certains problèmes.

- Semence saine : Certaines maladies, comme la nielle bactérienne et le virus commun de la mosaïque des haricots peuvent être portées par les graines. L'utilisation de graines certifiées saines est une importante méthode de gestion agricole dans un grand nombre de régions de culture des haricots.

- Contrôle des plantes hôtes et des insectes porteurs : Ceci est surtout important pour contrôler certaines maladies virales et implique l'arrachage des mauvaises herbes hôtes et autre végétation naturelle servant de sources d'infection. Dans certains cas, des cultures de barrière non-susceptibles sont plantées autour d'un champ sur une largeur de 15 à 20 m pour "décontaminer" les insectes suceurs de sève avant qu'ils n'atteignent la culture susceptible. (Cette méthode n'est généralement pas très pratique pour le petit exploitant). On peut également se débarrasser (arracher) les plants de culture attaqués par les virus. Cependant, cette méthode n'est pas efficace pour la plupart des maladies fongueuses et bactériennes.

- Résidus des récoltes : Le brûlage ou le labour des résidus des récoltes est une méthode efficace de prévention pour quelques maladies comme la pourriture des tiges des arachides.

- Autre méthodes de gestion agricole : Plusieurs des méthodes suivantes peuvent aider à minimiser certains problèmes de maladies : ne pas passer le cultivateur quand les plantes sont humides ; éviter de blesser les plantes avant la récolte ou au moment de celle-ci ; irriguer le matin quand un arrosage par jets ou un arrosage manuel est pratiqué pour que les feuilles des cultures soient sèches la nuit ; utiliser des couches de semis surélevées pour améliorer l'écoulement des eaux et désinfecter les outils agricoles.

- Rotation des cultures : Cette méthode peut réduire l'incidence d'un grand nombre de maladies fongueuses et bactériennes, surtout celles originaires du sol, mais elle a peu d'effet sur les virus. La monoculture ne présente pas d'inconvénient en ce qui concerne les maladies, tant que des variétés résistantes sont continuellement mises au point et introduites pour répondre à de nouveaux problèmes. Cependant, c'est rarement le cas dans les pays en voie de développement.

- Cultures dérobées : Cette méthode peut réduire ou intensifier les problèmes de maladies, selon le mélange de cultures et si elles ont ou non certaines maladies en commun.

Méthodes chimiques de lutte contre les maladies

- Les fongicides peuvent être appliqués aux graines, au sol et aux feuilles des cultures et assurent un assez bon contrôle de certaines maladies fongueuses. Ils sont utilisés surtout comme agents de protection.

  Le traitement des graines avec un fongicide en poudre ou liquide peut prévenir de façon efficace la pourriture des graines (flétrissement des jeunes pousses avant émergence) dûe des champignons du sol. Cette méthode détruit également toute maladie fongueuse originaire de la surface de l'enveloppe de la graine comme le charbon s'attaquant aux plantes adultes de sorgho.

  Puisque les traitements de la semence protègent surtout la graine, ils ne sont pas aussi efficaces pour prévenir les nielles des jeunes plants (pourritures) et les pourritures des racines des jeunes plants. Un traitement systématique de la graine avec un fongicide appelé Vitavax (Carboxine) assure un contrôle relativement meilleur.

  Les traitements de la graine ne contrôleront pas les maladies fongueuses originaires du sol ou de l'air s'attaquant aux plantes plus âgées comme la tavelure des feuilles, la pourriture des tiges, des branches et des racines.

  Les applications de fongicides au sol peuvent parfois être utiles. Certains fongicides comme le PCNB (Terrachlore), le Vitavax (Carboxine) et le Benlate (bénomyle) peuvent être appliqués en vaporisations ou en poudres au sillon d'ensemencement ou à la rangée de plantation au cours de la croissance de la culture pour contrôler certaines pourritures fongueuses des tiges et des racines.

  De telles applications au sol sont rarement nécessaires ou économiques pour le maïs, le sorgho et le millet, mais peuvent être rentables sur une culture à haut rendement d'arachides ou de haricots pour lesquelles existent des problèmes de maladies.

  Des fongicides foliaires peuvent être appliqués sous forme de poudres ou de vaporisation au feuillage des cultures pour contrôler les maladies fongeuses de tavelure des feuilles. La plupart des fongicides foliaires agissent comme agents de protection pour aider à prévenir

l'occurence ou la propagation de la tavelure des feuilles. Certains des fongicides systématiques récemment mis au point comme le Benlate (bénomyle) et le Mertect (Thiabendazole) possèdent également des propriétés curatives.

La plupart des fongicides foliaires ont peu ou pas d'effet sur la tavelure bactérienne des feuilles, mais les fongicides à base de cuivre assurent un assez bon contrôle.

Les fongicides foliaires ne sont généralement pas d'emploi économique pour le maïs, le sorgho et le millet, mais sont souvent essentiels au contrôle de la tavelure Cercospora des feuilles des arachides et peuvent dans ce cas être très rentables. Leur emploi sur les haricots peut se justifier là où les rendements sont relativement élevés et où les tavelures fongueuses des feuilles constituent un problème sérieux.

- Les stérilisateurs du sol comme le bromure de méthyle, le formaldéhyde, le Basamide et le Vapam contrôlent les champignons, les bactéries, les insectes, les mauvaises herbes et les nématodes du sol. On les applique avant la plantation et on les laisse se disperser avant d'ensemencer les graines. Les stérilisateurs du sol sont fréquemment utilisés sur les couches de semis de tabac et de légumes repiqués, mais ils sont trop onéreux pour les utiliser pour les cultures de référence.

- Les antibiotiques comme la Streptomycine et la Terramycine sont des bactéricides utilisés en vaporisations foliaires ou en bâtonnets au moment du repiquage pour le contrôle de certaines maladies bactériennes. D'autres antibiotiques comme la Kamusine (Kasugamycine) et la Blasticidine sont efficaces contre certaines maladies fongueuses s'attaquant au riz et sont très utilisés au Japon. Leur coût élevé les rend peu économiques pour une utilisation sur les cultures de référence. Plusieurs problèmes se trouvent associés aux antibiotiques, plus particulièrement les résidus, le développement de races de champignons et de bactéries qui leur sont résistants, et occasionnellement la phytotoxicité.

- Emploi d'insecticides pour contrôler les insectes porteurs Cette méthode est rarement entièrement efficace car il est impossible d'assurer un contrôle à 100%.

Lutte intégrée contre les maladies

La lutte intégrée contre les maladies implique l'emploi combiné de méthodes chimiques et non-chimiques. Hormis les

fongicides à base de mercure utilisés parfois pour le traitenment des graines, les fongicides, à l'inverse des insecticides présentent peu de danger toxiques ou environnementaux. Une justification principale de l'emploi de contrôle intégré des maladies repose sur des raisons économiques et sur le fait qu'un grand nombre de maladies ne peuvent être contrôlées de façon adéquate avec des produits chimiques.

PRINCIPALES MALADIES
DES CULTURES DE REFERENCE

Le maïs

Maladies fongueuses du maïs
Pourriture de la graine et nielles des jeunes pousses

On appelle souvent ces maladies "flétrissement" de pré-émergence et de post-émergence, et elles sont causées par des champignons originaires du sol ou de la graine. Les graines peuvent mourir avant la germination ou bien les jeunes pousses sont détruites avant ou après leur émergence du sol. Ce flétrissement survient surtout dans des sols froids mal drainé et avec des graines endommagées (enveloppe de la graine craquelée, etc.). Ces problèmes sont moins susceptibles de se poser là où les conditions de culture favorisent une germination et une émergence rapides (c'est-à-dire un temps chaud, une humidité adéquate du sol).

Symptômes : Les signes visibles au-dessus de la surface du sol sont le jaunissement, la fanaison et la mort des feuilles des jeunes plants, mais ces symptômes peuvent être aisément confondus avec des dégâts causés par le vent, le sable apporté par le vent, les engrais, les herbicides et les insectes. Il faudra examiner la partie des plantes se situant au-dessous du sol et repérer des graines pourries, une pourriture molle des tiges près de la surface du sol et des racines pourries ou décolorées.

Contrôle : Utiliser une graine de bonne qualité, ne présentant aucune trace de moisissures ou de dégâts, ayant subi un traitement de protection au cours de sa germination avec un fongicide comme le Captan ou l'Arasan (thiram). Le traitement

de la graine est surtout efficace contre la pourriture de la graine.

Nielles des feuilles causées par l'helminthosporium

Plusieurs espèces de champignons helminthosporium s'attaque aux feuilles de maïs, mais les deux plus importants sont l'H. Maydis (nielle de la feuille du sud) et l'H. turcicum (nielle de la feuille du nord). L'helminthosporium maydis est plus répandu dans les régions chaudes et humides, mais ces deux espèces peuvent se trouver sur une même plante.

Symptômes de l'H. Maydis : Il existe deux types principaux de H. Maydis et ils ont des symptômes différents. Les tavelures des feuilles de type "O" sont petites et en forme de losange lorsqu'elles sont jeunes, puis elles s'allongent pour atteindre environ 2 à 3 cm et peuvent pousser ensemble, faisant mourir de grandes surfaces de feuilles. Les tavelures des feuilles de type "T" sont ovales et plus grandes que celles de type "O" et, à l'inverse du type "O", s'attaquent à l'enveloppe de l'épi et à la gaine des feuilles. Les hybrides du maïs utilisant un cytoplasma (matériau génétique) mâle stérile "du Texas" dans leur production sont très susceptibles au type "T". Cela s'est avéré évident au cours d'une grave épidémie inattendue de H. Maydis de type "T" dans la région productrice de maïs aux U.S.A. en 1970. La plupart des hybrides utilisent maintenant un cytoplasma mâle stérile de type "N" dans leur production pour pallier à ce problème.

Symptômes du H. turcicum : La nielle des feuilles du nord préfère une forte humidité et des températures basses. Des petites tavelures légèrement ovales apparaissent d'abord sur les feuilles du bas puis prennent une forme rectangulaire atteignant 2,5 à 15 cm de longueur. Ces lésions vont du vert-grisâtre au brun clair et causent une

grave défoliation.
Contrôle : Les variétés résistantes offrent la meilleure protection. Le traitement de la graine au fongicide n'a aucun effet. Les fongicides foliaires assurent un assez bon contrôle mais sont rarement économiques puisqu'il faudra les appliquer tous les 7 à 10 jours.

Rouilles du maïs

Trois types de rouille s'attaquent au maïs : la rouille commune (Puccinia sorghi), la rouille du sud (Puccinia polysora) et la rouille tropicale (Physopella zeae).

La rouille commune se produit plus fréquemment par temps frais et humide ; elle se manifeste sous forme de petites pustules poudreuses de couleur brune sur les deux surfaces des feuilles. La rouille du sui est plus répandue dans dans les régions chaudes et humides et produit des pustules plus petites et moins foncées que la rouille commune. La rouille tropicale est confinée aux régions tropicales d'Amérique latine et aux Caraïbes. La forme des pustules varient : elles peuvent être ovales ou rondes et se produisent sous l'épiderme (couche extérieure) de la feuille. Elles sont de couleur crème et très petites, parfois entourées d'une surface noire.
Contrôle : L'utilisation de variétés résistantes représente la meilleure protection. Les vaporisations de fongicides sont rarement économiques.

Mildiou lanugineux du maïs

Il existe au moins cinq espèces de champignons Sclerospora (Sclerophthora) s'attaquant au maïs. Ils sont principalement confinés à l'heure actuelle à certaines régions d'Asie et d'Afrique, mais ils semblent se propager partout sur le continent américain.
Les symptômes varient selon les espèces, l'âge des plantes lorsqu'elles sont infectées et le climat, mais ils comprennent

généralement l'apparition de striures chlorotiques sur les feuilles et les gaines des feuilles, une atrophie, un tallage excessif de la plante, et une déformation des épis et des aigrettes. Une excroissance (mildiou) lanugineuse peut se produire sur la surface du dessous de la feuille à un stade plus avancé. On peut aisément confondre ces symptômes avec ceux de virus.

On trouvera ci-dessous une liste des mildious lanugineux les plus communs, ainsi que les mesures de contrôle leur correspondant :

"Crazy top" (S. macrospora) : Rare aux tropiques-mêmes, mais peut se produire partout dans le monde dans des climats tempérés et tempérés-chauds. Ce mildiou transforme l'aigrette en une masse de feuillage. Il est provoqué par un ou plusieurs jours d'inondation avant que les jeunes plants n'atteignent le stade de quatre à cinq feuilles. Un drainage adéquat du sol constitue le seul contrôle.

Mildiou lanugineux du sorgho (S. sorghi) : Très répandu. Contrôles : Utilisation de variétés résistantes, arrachage et destruction des plantes infectées et éviter des rotations maïs-sorgho dans des champs infectés.

Maladie de l'épi vert ou Graminicola

Mildiou lanugineux (S. graminicola) : Se produit sur diverses graminées mais n'est généralement pas important chez le maïs.

Mildiou lanugineux de la canne à sucre (S. sacchari) : Principalement confiné à l'Asie et aux pays du Pacifique du sud. Contrôles : Eliminer la maladie en n'utilisant que des semences saines, en cultivant le maïs dans des secteurs débarrasés de la maladie et où la culture de la canne à sucre n'est pas très répandue, en arrachant et détruisant les plantes infectées et en utilisant des variétés résistantes. Des vaporisations de fongicide sont utilisées dans certaines régions.

Mildiou lanugineux des Philippines (S. philippinensis) :

C'est la maladie du maïs la plus importante aux Philippines et elle se produit également au Népal, en Inde et en Indonésie. Contrôles : Arrachage et destruction des plantes infectées, utilisation de variétés résistantes et vaporisations de fongicide là où celles-ci sont économiques.

Charbon commun et charbon de l'épi

Charbon commun (Ustilago maydis) : Il s'agit d'un champignon causant des galles (excroissances sur le tissu de la plante) d'une taille de 15 à 20 cm se formant sur toute partie de la plante située au-dessus du sol. Quand elles sont jeunes, ces galles sont brillantes, blanchâtres et molles à l'intérieur, mais elles se transforment plus tard en une masse de spores noirs et poudreux. Une infection précoce peut faire mourir les jeunes plants, mais le charbon commun est rarement un problème sérieux. Contrôles : Utiliser des variétés résistantes et éviter de blesser les plantes avec un équipement mécanisé. Une bonne fertilité du sol est utile. Il faudra débarrasser les plantes de ces galles et les brûler avant qu'elles n'éclatent.

Charbon de l'épi (Sphacelotheca) : Peut sérieusement affecter les rendements dans les régions chaudes et sèches. Il s'agit d'un champignon systématique qui pénètrent dans les jeunes pousses sans qu'aucuns symptômes n'apparaissent avant le stade de formation des aigrettes. Les aigrettes et les épis se trouvent déformés et développent des masses de spores noirs et poudreux. Le charbon de l'épi est principalement une maladie originaire du sol. Contrôles : La plupart des variétés lui sont résistantes. La rotation des cultures ainsi qu'une bonne hygiène permettent un certain contrôle. L'application de fongicides au sol dans la rangée d'ensemencement assure un assez bon contrôle, mais n'est généralement pas économique. Le traitement de la graine au fongicide n'est pas efficace.

Pourritures fongueuses des tiges

On traite ci-dessous des cinq pourritures fongueuses de la tige les plus communes. Elles s'attaquent aux plantes entre la formation des aigrettes et la maturité, bien que la pourriture des tiges du type Pythium puisse également infecter des plantes plus jeunes.

Pourriture diplodia de la tige : Plus susceptible de se produire plusieurs semaines après la pollinisation. Les feuilles flétrissent et meurent soudainement, passant à une couleur vert-grisâtre, et la tige meurt 7 à 10 jours plus tard. De nombreuses petites taches apparaissent en relief sur les entre-noeuds du bas de la tige. Les parties infectées cassent facilement et peuvent être aisément brisées. Les tiges infectées de diplodia cassent généralement entre les joints (noeuds). Contrôles : Utiliser des variétés résistantes, éviter les engrais à forte proportion de N sans suffisamment de K et planter à une densité de population plus faible.

Pourriture gibberella de la tige : Similaire à la Diplodia sauf que les tiges ont tendance à se briser aux joints-mêmes et l'intérieur de la tige prend une couleur rouge-rosâtre. A l'inverse des taches dûes à la diplodia, on peut gratter avec l'ongle les petites taches apparaissant sur la partie inférieure de la tige. Contrôles : Voir Diplodia.

Pourriture Fusarium de la tige : Similaire à la Gibberella, il est difficile de les distinguer l'une de l'autre. Contrôles : Voir Diplodia.

Pourriture Pythium de la tige : Plus susceptible de survenir au cours de longues périodes de temps chaud et humide. S'attaque généralement à un seul entre-noeud près de la surface du sol et cause une pourriture brune, molle et pleine d'eau qui fait s'affaisser la tige. Les tiges ne cassent pas mais retombent, et les plantes peuvent rester vertes pendant plusieurs semaines. Le Pythium se produit généralement vers la période de formation des aigrettes, mais il peut également affecter les plantes

plus jeunes. On le confond aisément avec la pourriture Erwinia bactérienne de la tige. Contrôles : Utilisation de variétés résistantes.

Pourriture du charbon de bois (Macrophomina phaseoli) : S'attaque au maïs, au sorgho, au soja, aux haricots, au coton et à d'autres cultures. Elle est surtout répandue dans des conditions climatiques très chaudes et sèches et s'attaquera d'abord aux racines des jeunes pousses sur lesquelles elle produit des lésions brunes pleines d'eau qui vont noircir. Le champignon n'envahit généralement la tige que bien après la pollinisation, et il cause alors une maturité prématurée des entre-noeuds du bas de la tige ; ceux-ci se défibrent et font se casser la tige au pied de la plante. La tige intérieure devient charbonneuse, ceci étant dû à la présence de nombreuses taches noires (sclerotia). Contrôles : La pourriture du charbon de bois peut être réduite dans des champs irrigués si l'on maintient une bonne humidité du sol au cours de périodes de sècheresse après la formation des aigrettes ; voir également Diplodia.

Pourritures fongueuses de l'épi et des grains

Le maïs peut être attaqué par un certain nombre de pourritures de l'épi et des grains, surtout si on a un temps très humide entre la formation des soies et la récolte. Les dégâts causés sur les tiges par les oiseaux et les insectes augmentent également la vulnérabilité de la plante.

Pourriture Diplodia de l'épi : Les enveloppes des épis infectés de façon précoce déteignent, alors que des enveloppes d'épis normales sont encore vertes. Les épis se rabougrissent et les feuilles de l'enveloppe semblent collées les unes aux autres, ceci étant dû au champignon qui pousse entre celles-ci. Les épis infectés plus avant dans la saison ont une apparence extérieure normale, mais une moisissure blanche apparait généralement à la base des grains. Dans les cas graves, des excroissances frugifères peuvent apparaitre sur les enveloppes de l'épi et sur le côté des grains. Contrôles : Les épis mûrissant avec les pointes dirigées vers le bas sont moins

vulnérables. Une bon enveloppement de l'épi est également utile, ainsi qu'une récolte précoce et un bon entreposage dans des conditions d'humidité contrôlées.

Pourriture Gibberella de l'épi (G. zeae) : Plus répandue dans les régions fraîches et humides, elle cause l'apparition d'une pourriture allant du rose au rouge vif et commençant aux extrémités de l'épi. G. fujikuroi est la forme la plus commune de pourriture de l'épi partout dans le monde et est d'apparence très similaire. Ces deux types produisent également l'apparition d'une excroissance rose cotonneuse au-dessus des grains, et le grain infecté est toxique pour les hommes, les porcs et les oiseaux.

Contrôles : Voir Diplodia.

Pourriture Fusarium de l'épi : Favorisée par un temps chaud et sec et similaire à la Gibberella.

Pourriture Nigrospora de l'épi : Décolore l'épi de maïs et le fait se défibrer aisément. L'intérieur est gris au lieu d'être blanc. Les grains ne sont pas bien remplis et on peut les repousser facilement dans l'épi qui est partiellement pourri. Des masses de spores apparaissent sous forme de taches noires à la base des grains.

Contrôles : Une fertilité équilibrée du sol ; voir Diplodia.

Maladies bactériennes du maïs

Pourriture Erwinia de la tige : Cause des symptômes similaires au Pythium (voir le paragraphe traitant des pourritures fongueuses de la tige). Contrôles : Utilisation de variétés résistantes et bon drainage du sol.

Nielle bactérienne de la feuille (Flétrissement de Stewart) : Transmise par certains types de doryphores du maïs et par la graine de semence. Le maïs sucré est plus vulnérable. Les symptômes sont l'apparition sur les feuilles de striures allant du vert clair au jaune, généralement après la formation des aigrettes. Ces

striures meurent et peuvent tuer la feuille. La tige peut également en être infectée, entraînant le flétrissement de la plante. Contrôles : Utilisation de variétés résistantes, application précoce d'insecticides pour contrôler les insectes porteurs.

Maladies virales du maïs

Le maïs est attaqué par quelque 25 maladies virales ou d'apparence virale transmises surtout par les aphidés et les cicadelles. La présence d'autres plantes hôtes (porteuses) comme l'herbe Johnson, le sorgho et la canne à sucre joue un rôle important dans la propagation de la plupart de ces maladies. Leurs symptômes peuvent porter à confusion et peuvent souvent être causés par d'autres problèmes, tels qu'une déficience en éléments nutritifs. On traite ci-dessous des virus les plus répandus :

Virus de la striure du maïs : C'est un problème majeur dans un grand nombre de régions d'Afrique. Il est transmis par plusieurs espèces de cicadelles (Cicadullina spp.). Les premiers symptômes sont l'apparition de minuscules taches rondes éparpillées sur les feuilles les plus jeunes et grandissant parallèlement aux nervures des feuilles. Des striures jaunes discontinues apparaissent par la suite le long des nervures. Contrôles : Variétés résistantes ; contrôle des cicadelles.

Mosaïque (nanisme) du maïs : Propagée par plusieurs types d'aphidés et une grande variété d'autres plantes hôtes (porteuses) y compris l'herbe Johnson (un cousin du sorgho) et le sorgho. Un dessin en mosaïque jaune-vert apparait sur les feuilles des plantes infectées, surtout à la base des plus jeunes feuilles. Le feuillage devient violet ou rouge-violet au fur et à mesure que la plante mûrit, une atrophie grave peut se produire et quelques plantes produisent des épis normaux. Contrôles : Utilisation de variétés résistantes. Destruction des autres plantes porteuses et contrôle des insectes.

Virus de l'atrophie du maïs : Propagé par plusieurs types de cicadelles (Dalbulus, Baldulus, Graminella) et connu sous le nom de "achaparramiento" en Amérique latine. On pense maintenant qu'il s'agit d'un organisme ressemblant à un virus. Le variété Mesa Central cause le jaunissement des jeunes feuilles qui deviennent rouges plus tard. La variété Rio Grande produit des taches à la base des jeunes feuilles, suivies par l'apparition de rayures jaunes. Contrôles : Variétés résistantes ; contrôle des insectes. Mosaïque de la canne à sucre : Se produit là où le maïs est cultivé près de la canne à sucre et cause l'apparition de taches et de striures jaunes. Contrôles : Utilisation de variétés de canne à sucre résistantes.

Le sorgho

Maladies fongueuses

Pourritures des graines et nielles des jeunes plantes : Voir la section traitant du maïs.
Mildious lanugineux : Le sorgho est attaqué par trois espèces de mildiou lanugineux (S. macrospora, S. sorghi, S. graminicola). (Se reporter à la section traitant des maladies du maïs pour plus de détails). Contrôles : Utilisation de variétés résistantes et rotation avec des cultures à feuilles larges. Un grand nombre de sorghos du type à fourrage sont très vulnérables au mildiou lanugineux du sorgho (S. sorghi) et il ne faudra pas les planter sur un terrain où on va ensemencer du sorgho à grain si la maladie est présente.
Charbon "couvrant" du grain (Sphacelotheca sorghi) : Porté par la graine, il pénètre dans les jeunes pousses. Les plantes sont d'apparence normale jusqu'au moment de la

formation de l'épi où les grains sont remplacés par des galles de charbon gris clair ou brunes, en forme de cône et pleines de spores noirs. Contrôles : Le traitement de la graine au fongicide est très efficace, les spores étant portés sur leur surface. Des variétés résistantes ont été mises au point.

Charbon "volant" du grain (S. cruenca) : Très commun en Asie et en Afrique. Comme pour le charbon "couvrant", les spores sont portés par la graine de plantation et envahissent les jeunes pousses. Des galles de charbon longues et pointues se forment sur les épis porteurs de grains et les plantes infectées peuvent s'atrophier et faire preuve d'une augmentation de tallage. A l'inverse du charbon "couvrant", les spores de charbon "volant" peuvent causer l'infection des épis porteurs de grains émergeant tardivement sur des plantes autrement saines. Contrôles : Mêmes que pour le charbon "couvrant".

Charbon de l'épi (S. reiliana) : L'espèce de charbon la plus dévastatrice. Il détruit l'épi entier et le remplace par une masse de spores poudreux brun foncé. Une grosse galle couverte d'une membrane blanchâtre sort de la botte au moment de la formation de l'épi. La galle éclate et les spores sont éparpillés sur le sol par le vent et la pluie où ils survivent pour infecter la culture suivante. Contrôles : Le traitement de la graine empêchera sa propagation d'un champ à un autre, mais il n'arrêtera pas l'infection provenant de spores déjà présents dans le champ. Il faudra utiliser des variétés résistantes et arracher et brûler les plantes infectées.

Moisissures du grain (épi)

Celles-ci sont causées par plusieurs espèces de champignons qui sont surtout présents quand le sorgho mûrit dans des conditions d'humidité. La graine moisit et va mal germer si elle est plantée. Contrôles : Les variétés photo-sensibles échappent à la moisissure de l'épi car elles atteignent leur maturité par temps plus sec. D'autres types peuvent être plantés pour mûrir par temps sec. Les variétés à épi ouvert sont quelque peu moins vulnérables que celles à épi compact. Des travaux menés en Inde ont montré que les

moisissures de l'épi peuvent être réduites si l'on vaporise les épis de Captan ou de Benlate (bénomyl) et si l'on emploie un adhérent tout de suite après de grosses pluies, mais cette méthode peut ne pas être rentable.

Rouille du sorgho

Celle-ci est causée par le champignon Puccinia purpurea qui produit des pustules brunâtres apparaissant en relief des deux côtés des feuilles. Cette maladie est la plus commune dans des conditions de forte humidité mais se limite généralement aux feuilles plus âgées ayant atteint leur maturité. Contrôles : Utilisation de variétés résistantes. Les fongicides ne constituent généralement pas une solution économique.

Anthracnose

Cette maladie est causée par le champignon Collectotrichum graminicola qui s'attaque aux feuilles, produisant des lésions brun clair ou rougeâtres, rondes ou ovales et dont la partie centrale est molle et affaissée. Il peut également causer une pourriture de la tige appelée pourriture rouge. Contrôles : Utilisation de variétés résistantes.

Autres tavelures fongueuses des feuilles

Les striures charbonneuses (Ramulispora sorghi), la tavelure zonée des feuilles (Gloesocercospora sorghi) et la tavelure ovale des feuilles (Ramulispora sorghicola) sont les principales tavelures fongueuses des feuilles présentes en Afrique occidentale, avec l'anthracnose. Contrôles : L'utilisation de variétés résistantes offre les meilleures mesures de contrôle. On peut également se débarrasser de plantes hôtes comme l'herbe de Guinée, l'herbe des Bermudes et la Paragrass.

Pourritures fongueuses des tiges

Pourriture du charbon de bois (Macrophomina phaseoli) (voir la section traitant des maladies du maïs) : C'est une maladie grave s'attaquant au sorgho cultivé en terrain sec. Elle cause des pertes de plus en plus importantes en

Inde, en Ethiopie, en Tanzanie et en Haute-Volta. C'est la maladie du sorgho la plus sérieuse au Nicaragua et elle cause également de grosses pertes au Mexique et en Colombie. La pourriture du charbon de bois est particulièrement grave quand le remplissage des grains se produit au cours de périodes où la température du sol est élevée et au cours de périodes de sécheresse. Mesures de contrôle : Voir la section traitant des maladies du maïs.

Maladie de milo (Periconia circinata) : Elle se limite à l'heure actuelle aux Etats-Unis et s'attaque aux racines aussi bien qu'aux tiges. Même les jeunes plantes peuvent être touchées. Les premiers symptômes sont une atrophie et un léger enroulement de la feuille. Les extrémités ainsi que les bords des feuilles plus âgées jaunissent, et tôt ou tard toutes les feuilles se trouvent affectées. Si l'on coupe la base de la tige dans le sens de la longueur, on s'aperçoit que l'intérieur révèle une décoloration rouge sombre. Les racines prennent également la couleur rouge sombre. Mesures de contrôle : Utilisation de variétés résistantes.

Pourriture rouge de la tige (Collectotrichum graminicola) : C'est le stade de pourriture de la tige de l'anthracnose. La partie inférieure et extérieure de la tige prend une couleur rouge ou violette. Si l'on coupe la tige dans le sens de la longueur, on s'aperçoit que la médulle intérieure a pris une décoloration rougeâtre qui peut être uniforme ou par endroits. La tige florale peut également être affectée de façon similaire. Mesures de contrôle : Voir anthracnose.

Maladies bactériennes

Plusieurs maladies bactériennes des feuilles s'attaquent au sorgho et sont favorisées par des conditions climatiques chaudes et humides. Les pertes au rendement ne sont généralement pas importantes. Le traitement de la graine au fongicide, la rotation des cultures et l'utilisation de variétés résistantes constituent les meilleurs moyens de contrôle.

Maladies virales du sorgho

La mosaïque (nanisme) du maïs et la mosaïque de la canne à sucre produisent des symptômes similaires sur le sorgho. Les marbrures vert clair et vert foncé en mosaïque apparaissent généralement plus communément sur les deux ou trois feuilles du haut et présentent souvent également des striures longitudinales blanches ou jaunes. Les variétés avec une pigmentation rouge peuvent présenter un symptôme de "feuille rouge" consistant en des striures rouges avec une partie morte au milieu. Mesures de contrôle : Voir la section traitant des maladies du maïs.

Atrophie jaune du sorgho : Il s'agit d'un organisme ressemblant à un virus propagé par les pucerons sauteurs. Les plantes s'atrophient et leurs feuilles se trouvent rassemblées dans la partie supérieure de la plante. Les feuilles prennent une couleur jaune-crème. Mesures de contrôle : Utilisation de variétés résistantes ; lutte contre les insectes.

Le millet

Mildiou lanugineux (Sclerospora graminicola) : Peut s'attaquer au millet très tôt, au stade de jeune pousse. Ce champignon systématique fait jaunir les feuilles et, dans des conditions humides, un mildiou blanc et lanugineux peut se produire sur le dessous des feuilles. Les jeunes pousses qui sont affectées peuvent mourir dans l'espace d'un mois sans produire de talles. Les symptômes peuvent apparaitre d'abord sur les feuilles du haut de la tige principale ou sur les talles. La première feuille affectée ne présente généralement des dégâts que sur sa partie inférieure, mais les feuilles suivantes vont être de plus en plus infectées. Les épis peuvent être partiellement ou entièrement déformés. Mesures de

contrôle : Un grand nombre de variétés locales font preuve d'un bon niveau de résistance. L'Institut International pour la Recherche Agricole pour les Tropiques Semi-Arides (ICRISAT) est parvenu à un excellent moyen de contrôle du mildiou lanugineux en traitant la graine de plantation avec un fongicide systématique récemment mis au point par Ciba Geigy, le GCA 48/988.

Charbon du grain (Tolypossporium penicilliriae) : Les champignons viennent infecter les jeunes fleurons du millet sur l'épi et ils se transforment en grosses galles pleines de spores poudreux et noirs. Mesures de contrôle : Utilisation de variétés résistantes et bonne hygiène générale. Le traitement de la graine au fongicide n'est probablement pas très efficace.

Ergot (Claviceps fusiformis) : Maladie commune mais généralement pas grave. Les spores fongueux portés dans l'air viennent infecter les jeunes fleurons avant que le grain ne se développe et ils produisent un liquide sucré et collant appelé miellure, de couleur rose ou rouge. L'épi prend par la suite l'aspect d'un goupillon, dû à la formation de structures dures et sombres appelées sclérotes. Mesures de contrôle : Brûlage des têtes infectées.

Rouille (Puccinia penniseti) : Parfois grave sur le millet tardif, ce n'est généralement pas le cas pour le millet précoce.

Tavelures des feuilles : Plusieurs espèces de tavelures fongueuses des feuilles s'attaquent au millet, mais elles ne sont généralement pas sérieuses.

Arachides

Maladies fongueuses foliaires

Les maladies fongueuses foliaires peuvent réduire les rendements de façon sérieuse pour la production de cacahuètes ainsi que pour le fourrage, et la perte des feuilles pourries fournit de la matière organique favorisant l'incubation de

maladies originaires du sol, comme la pourriture de la tige du sud.

Tavelure des feuilles Cercospora : S'attaque aux arachides partout dans le monde, mais les types de Virginie (se reporter au Chapitre 3) sont quelque peu moins vulnérables que les types d'Espagne-Valence. Elle est favorisée par des conditions d'humidité.

Symptômes : On a affaire à deux types de fongus Cercospora. La tavelure précoce (C. arachidicola) est généralement la première à apparaitre et produit des taches rondes rouge-brun entourées d'une auréole jaune. La tavelure tardive (C. personata) se produit plus avant dans la saison et produit des taches plus sombres pouvant comporter des auréoles. Ces deux types de tavelures peuvent également se manifester sur les tiges et les pétioles foliaires (tiges foliaires) au fur et à mesure que la maladie progresse. Une défoliation grave peut en résulter, ce qui va affecter les rendements ainsi que la bonne opération des arracheuses mécanisées, pour laquelle la présence de touffes en buissons est nécessaire.

Mesures de contrôle : La rotation des cultures aide à réduire une infection précoce. Bien que les types de Virginie fassent preuve d'une certaine résistance, l'application de fongicides foliaires est généralement essentielle dans la plupart des cas et cette application se fait de façon préventive. Les arachides constituent une culture de valeur relativement élevée, ce qui rend très économique l'utilisation de fongicides foliaires. Des recommandations spécifiques sont données à la section suivante.

Rouille des arachides (Puccinia arachis) : Cette maladie est limitée à l'heure actuelle à l'Amérique latine et aux Caraïbes. Elle présente des petites pustules en relief, oranges ou brunes, sur les feuilles et surtout sur le dessous de celles-ci. Elle peut se propager rapidement dans des conditions chaudes et humides, et la perte des

feuilles peut être grave. Les tiges, les pétioles et les pédoncules floraux peuvent être également affectés. Mesures de contrôle : Comme pour les tavelures, l'application de fongicides en vaporisation ou en poudre constituent les seuls mesures efficaces de contrôle.

Maladies du sol

Les maladies du sol causées par des champignons sont parfois difficiles à détecter et à identifier et elles peuvent réduire les rendements de façon significative.

Pourriture de la tige du sud : Connue également sous le nom de Nielle du Sud, flétrissement et moisissure blanche, c'est la maladie du sol la plus sérieuse et la plus répandue qui s'attaque aux arachides et affecte également les haricots, le soja, d'autres légumineuses, les pommes de terre, les tomates et d'autres cultures. Elle est favorisée par des conditions chaudes et humides.

Symptômes : Aux premiers stades, certaines feuilles sur quelques branches vont généralement prendre une couleur jaunâtre. Dans des conditions d'humidité, une moisissure blanche et cotonneuse va se produire sur la tige inférieure près de la surface du sol et sur tous débris organiques en décomposition se trouvant dans le sol. Des masses fongueuses appelées sclérotes apparaissent sur les parties affectées ; elles sont brun rougeâtre ou brun clair et ont la taille de graines de moutarde. Les feuilles commencent à se flétrir, mais elles sembleront se remettre pendant la nuit. Tôt ou tard, la plante tout entière peut mourir. Les pédoncules floraux sont détruits, laissant un grand nombre de cosses enterrées dans le sol. Cette maladie peut également causer la pourriture des cosses. Mesures de contrôle : Il est impossible de contrôler cette maladie une fois que les plantes sont affectées, mais on peut l'enrayer de façon efficace en utilisant une combinaison de mesures chimiques et agricoles données ci-dessous :

- Rotation des cultures avec le maïs, le sorgho et autres graminées.

- Enfouissement profond de tous résidus de culture avec une charrue à versoir. Il faudra hâcher manuellement ou avec une herse à disque les gros débris comme les tiges de maïs et de sorgho avant de passer la charrue. Les résidus laissés à la surface servent de terrain de reproduction pour le champignon.

- Plantation des arachides dans un champ plat ou sur une butte. Les sillons d'ensemencement ne devront pas comporter de dépressions, ce qui entraîne un mauvais drainage.

- Eviter l'utilisation d'un cultivateur qui rejette la terre dans la rangée de plantation, surtout quand les plantes sont jeunes. Cela entraîne des lésions sur la tige et peut enterrer les jeunes plantes, ce qui fait augmenter de façon significative leur vulnérabilité à la pourriture de la tige et de la couronne.

- Luttte contre la tavelure Cercospora et autres maladies fongueuses des feuilles avec des fongicides pour minimiser la perte de feuilles, puisque les feuilles, une fois tombées, servent également de milieu de reproduction pour le champignon.

- Applications de fongicides du sol comme le PCNB (Terrachlore) et le Vitavax (Carboxine) en bande au-dessus de la rangée au moment de la plantation ou au premier stade de formation des pédoncules floraux. Cette mesure assure une assez bonne protection là où les problèmes de pourriture de la tige sont sérieux. (Se reporter à la section suivante pour des recommandations spécifiques).

Pourriture de la graine et nielle des jeunes pousses (Flétrissement pré-émergence et post-émergence)

Pourriture pré-émergence : Il n'est pas rare de trouver des graines d'arachides germant dans le sol en état de pourriture. Les graines affectées se décomposent rapidement, mais un examen précoce va les trouver couvertes d'une excroissance causée par diverses espèces de champignons.

La nielle des jeunes pousses est souvent appelée pourriture Aspergillus de la couronne et elle est causée par l'Aspergillus niger, un fongus noir poudreux. La vraie pourriture de la couronne est plus exactement

utilisée pour décrire la maladie quand elle s'attaque aux plantes plus âgées qui ont dépassé le stade de jeunes plants. Le tissu de la tige situé juste au-dessous de la surface du sol est attaqué chez les jeunes pousses très peu de temps après leur émergence et le champignon se propage rapidement le long de la tige, la recouvrant d'une masse de spores noirs. La tige va alors s'effondrer. Facteurs contribuant à la maladie : Les sols qui ont été plantés d'arachides de façon continue et pendant de longues périodes de temps présentent plus de problèmes de pourriture des graines et de nielle des jeunes pousses. Une plantation trop en profondeur affaiblit la tige et augmente sa vulnérabilité. Les graines peuvent également être endommagées au moment de l'épluchage. Mesures de contrôle: Le traitememt de la graine au fongicide assure un bon contrôle ; on aura généralement besoin d'une combinaison de deux fongicides pour assurer une lutte contre toutes les espèces. Des recommandations sont données dans la section suivante. Il faudra également faire attention à la profondeur de plantation et à la rotation des cultures.

Nielle Sclerotinia

Cette maladie est quelque peu similaire mais moins commune. Les plantes affectées présentent une excroissance blanche fongueuse rattachée aux partie pourries de la tige pouvant s'étendre depuis le dessous de la surface du sol jusqu'aux solons. Le tissu infecté de la tige présente une apparence déchiquetée et contient un grand nombre de masses fongueuses noires. Les pédoncules floraux ainsi que les cacahuètes sont également attaqués. Des mesures de contrôle ne sont généralement pas nécessaires, mais on applique parfois un fongicide appelé Botran (dicloran) sous forme de vaporisation aux Etats-Unis.

Pourriture des pédoncules et des cosses

Plusieurs types de fongus, y compris le Sclerotium et la Sclerotinia s'attaquent aux pédoncules et aux cosses. Des stérilisateurs du sol sont parfois appliqués avant la plantation aux Etats-Unis, mais ces mesures sont rarement

économiques ou faisables pour les petits exploitants. La rotation des cultures est utile.

L'Aspergillus flavus est une moisissure fongueuse s'attaquant aux graines entreposées mais on la trouve parfois dans le champ de culture. Dans certaines conditions, certaines lignées de A. flavus produisent l'aflatoxine, un puissant cancérigène (agent causant le cancer) et cette toxine peut affecter les oiseaux, les hommes et d'autres mammifères. Les cosses récoltées sont débarrassées d'aflatoxine sauf si elles sont été brisées ou endommagées par des termites, le binage, le battage ou une manutention peu soigneuse. Le développement de l'Aspergillus et d'autres moisissures d'entreposage peut être grandement prévenu par une récolte faite à temps, une séparation des grains endommagés et un séchage rapide des cosses humides.

Maladies virales

Virus de la rosette : C'est la maladie des arachides la plus grave en Afrique, surtout dans les régions plus humides. Elle est propagée par une espèce d'aphidé (Aphis craccivora) et elle a plusieurs autres plantes porteuses, y compris l'Euphorbia hirta, une mauvaise herbe. Les plantes sont gravement atrophiées et les plus jeunes feuilles jaunissent ou se marbrent. Les feuilles émergeant restent petites et se recroquevillent et jaunissent. Une plantation précoce ainsi qu'un espacement restreint semblent réduire l'incidence du virus de la rosette. Il faudra arracher et détruire les plantes affectées et tenter de lutter contre les aphidés. La destruction des autres plantes porteuses est utile. Des variétés résistantes ont été mises au point au Sénégal.

Virus du flétrissement tacheté : Causé par le virus du flétrissement de la tomate et propagé par plusieurs espèces de thrips. Les feuilles des plantes affectées présentent des dessins vert clair et jaunes, souvent sous forme de grosses taches ou de cercles. Les feuilles sont

généralement malformées et ratatinées, et les plantes prennent l'aspect d'un bouquet. Les tomates, les pommes de terre, les salades, les poivrons, les plantes décoratives et plusieurs types de mauvaises herbes sont également porteuses de ce virus. Il n'est généralement pas grave.

Les haricots

Maladies originaires de la graine

Les haricots souffrent de grosses pertes dûes aux maladies partout dans le monde et une des principales raisons en est la présence répandue de maladies originaires de la graine. Selon le CIAT, plus de la moitié des principales maladies du haricot peuvent être transmises par la graine ; celles-ci comprennent l'anthracnose, le flétrissement, les pourritures des racines et de la tige, le flétrissement bactérien, la nielle bactérienne et plusieurs virus. Il est très difficile d'obtenir des graines saines et certifiées en Amérique latine et celles-ci constituent moins de 3% des graines de haricots qui y sont plantées.

Lutte contre les fongus originaires de la graine : Un grand nombre de ces champignons sont portés sur ou dans l'enveloppe de la graine, et on peut les contrôler en traitant la graine avec des fongicides conventionnels comme l'Arasan (thiram) et le Captan (Orthocide). D'autres, comme l'anthracnose, sont portés plus en profondeur dans la graine et ne sont généralement pas affectés par un traitement de la graine. Des fongicides systématiques comme le Benlate (bénomyle) ont donné des résultats prometteurs dans ces cas. Des applications foliaires de fongicides systématiques au cours de la deuxième moitié de la saison de coissance ont réduit de façon significative l'incidence d'anthracnose originaire de la graine dans la graine récoltée, mais elles sont onéreuses. Une récolte retardée ou le contact de la cosse avec la surface du sol en

cours de corissance peuvent augmenter les problèmes de maladies originaires de la graine.

Lutte contre les bactéries originaires de la graine : Le traitement de la graine ne va pas pouvoir contrôler chez les harivots les maladies bactériennes originaires de l'intérieur. Une graine produite dans des régions plus sèches et avec l'utilisation de méthodes sanitaires et agricoles strictes, comme la rotation des cultures et l'inspection des graines sera moins susceptible d'être contaminée.

Lutte contre les virus originaires de la graine : Les traitements actuels de la graine ne sont pas efficaces contre les virus originaires de la graine. Une première bonne mesure de contrôle serait la production d'une graine saine dans des régions où les insectes et plantes porteurs peuvent être contrôlés.

Maladies fongueuses

Pourriture de pré-émergence : Le traitement de la graine au fongicide est très efficace. (Voir la section traitant des maladies du maïs et des arachides).

Pourritures des racines : Les haricots sont très vulnérables aux pourritures des racines causées par le Rhizoctonia, le Fusarium, le Sclerotium et d'autres champignons. Les symptômes comprennent l'apparition de lésions rougeâtres ou brunes sur l'hypocotyle (partie de la tige située au-dessous de la surface du sol) et la pourriture des racines latérales une à plusieurs semaines après l'émergence. Un flétrissement et un jaunissement des feuilles peuvent se produire.

Mesures de contrôle :

- Dans les régions tempérées, ne planter qu'une fois que les sols sont réchauffés.
- Un bon drainage.
- Une rotation des cultures.
- Eviter la contamination de terrain vierge avec des outils qui n'ont pas été nettoyés, du fumier animal

ou vert contenant des résidus de haricots ou une eau d'irrigation sale.

- Traiter la graine avec de l'Arasan (thiram), du Zineb, du Demosan, du PCNB, du Vitavax (carboxine) ou du Benlate à 1-3 de principe actif par kilo pour assurer un contrôle partiel.

- Appliquer du Benlate ou du PCNB sur le sillon de plantation après celle-ci pour assurer un bon contrôle.

Anthracnose (Colleotrichum lindemuthianum) : L'anthracnose a une importance dans le monde entier dans des zones de températures fraîches à modérées et des conditions d'humidité ; elle est propagée par la graine, le sol, les débris de récolte, la pluie et les outils de travail. Elle produit des chancres allongés rouge-brun ou violets sur les tiges et les nervures des feuilles. Les cosses présentent des taches affaissées avec une partie centrale rose et des bordures plus foncées. Les graines infectées peuvent être décolorées et présenter des chancres brun foncé ou noirs. L'anthracnose constitue rarement un problème dans les régions chaudes et sèches.

Mesures de contrôle :

- Utiliser des graines saines.

- Ne pas cultiver les haricots plus d'une fois tous les deux ou trois ans dans un même champ (cela comprend les doliques et les haricots de Lima).

- Eviter de travailler dans le champ quand les plantes sont humides.

- Enfouir au labour les résidus de haricots.

Le traitement de la graine au fongicide n'est efficace que de façon partielle. Des applications préventives de fongicides foliaires donnent des résultats variables.

Rouille (Uromyces phaseoli) : La rouille est répandue partout dans le monde et s'attaque également aux doliques et aux haricots de Lima. Les pertes sont les plus élevées quand les plantes sont infectées à la floraison ou avant celle-ci. Cette maladie est favorisée par un temps humide et des nuits fraîches et peut infecter les feuilles ainsi que les cosses. Les

premiers symtômes apparaissent généralement sur la surface des feuilles inférieures sous forme de taches blanchâtres légèrement en relief. Ces taches se transforment en pustules rougeâtres ou brunes qui peuvent atteindre un diamètre de 1 à 2 mm dans l'espace d'une semaine. La feuille tout entière commence à jaunir, puis elle devient brune et meurt. La rouille n'est pas portée sur la graine, mais les spores persistent dans les résidus de haricots. Il existe un grand nombre de types de rouille, et les variétés de haricot diffèrent dans leur niveau de résistance à cette maladie.

Mesures de contrôle :

- Rotation des cultures.
- Poudre de sulfate ou vaporisations de fongicide (Se reporter à la section suivante).

Tavelure angulaire des feuilles (Isariopsis griseola) : Cette maladie produit des lésions angulaires grises ou brunes sur les feuilles qui entraînent une défoliation prématurée. Les cosses peuvent présenter des taches rondes ou ovales avec une partie centrale rougeâtre ou brune et les graines peuvent se rabougrir. Cette maladie est portée par la graine, mais les débris de plantes contaminées constituent une source d'infection beaucoup plus commune. Mesures de contrôle : Utilisation de graine saine, rotation des cultures et débarrasser le champ de débris de récolte précédemment infectés avant la plantation. Le traitement de la graine au fongicide (le Benlate a donné de bons résultats) et la vaporisation de fongicide peuvent être utiles.

Nielle Sclerotinia (moisissure blanche) : Entraîne l'apparition de lésions pleines d'eau et d'une moisissure blanche sur les feuilles et les cosses (voir également la section traitant des maladies des arachides). On peut lutter contre cette maladie par rotation des cultures et

l'application de vaporisation foliaire de Benlate, Dichlone, Dicloran, PCNB ou de Thiabendazole vers le début ou le milieu du stade de floraison. L'irrigation intensifie cette maladie.

Nielle toile d'araignée (Thanatephorus cucumeris) : Cette maladie peut constituer un principal facteur de limitation de la production de haricots dans des conditions de forte chaleur et d'humidité. Un grand nombre d'autres cultures sont également affectées. Le fongus entraîne la formation sur les feuilles de petites taches rondes et pleines d'eau qui sont beaucoup plus claires que le tissu sain qui les entoure et ont l'aspect de brûlures. Les jeunes cosses présentent des taches brun clair de forme irrégulière mais qui deviennent plus foncées et s'affaissent quand elles vieillissent -- on peut facilement les confondre avec l'anthracnose. Les tiges, les cosses et les feuilles se couvrent d'une excroissance ressemblant à une toile d'araignée à laquelle sont rattachées des masses brunes fongueuses. La nielle toile d'araignée peut être portée par la graine mais elle est plus communément transmise par le vent, la pluie, les outils de travail et le mouvement des hommes et des animaux de trait dans le champ.

Mesures de contrôle :

- Utilisation d'une graine saine.
- Rotation des cultures avec du maïs, des graminées, du tabac et d'autres plantes non-porteuses.
- Plantation des haricots en rangées et non à la volée, pour maximiser la circulation de l'air.
- La vaporisation de fongicide assure un assez bon contrôle. Des fongicides systématiques comme le Benlate sont recommandés dans des conditions de fortes précipitations.

Maladies bactériennes

Nielle commune (Xanthomonas phaseoli) et nielle sombre (Xanthomonas phaseoli var. fuscans) : Ces deux maladies produisent les mêmes symptômes sur les feuilles, les tiges, les cosses et les graines. Les premiers symptômes sur les feuilles

sont l'apparition de taches pleines d'eau sur le dessous des feuilles. Ces taches grosissent de façon irrégulière et sont entourées d'une zone étroite de tissu jaune citron. Ces taches brûnissent et meurent. La tige peut s'entourer d'un anneau près de la surface du sol et casser. Des taches pleines d'eau se forment sur les cosses, grosissent graduellement et deviennent foncées, rouges et quelque peu affaissées. La graine infectée peut pourrir et se rabougrir. Mesures de contrôle :

- Utilisation d'une semence saine.
- Rotation des cultures et labour profond.
- Des fongicides à base de cuivre ont bien contrôlé les symptômes des feuilles, mais n'ont pas donné de bonnes augmentations de rendement. Il ne faudra pas utiliser d'antibiotiques, étant donné le danger qu'ils comportent d'entraîner une mutation.
- Le traitement de la graine n'est pas très efficace.
- Certaines variétés résistantes sont disponibles.

Nielle auréolée (Pseudomonas phaseolicola) : Cette maladie bactérienne préfèrent des températures plus fraîches que la nielle commune et la nielle sombre. Les premiers symptômes sont l'apparition de petites taches pleines d'eau sur le dessous des feuilles qui s'infectent plus tard de taches grasses si l'attaque est sérieuse. Un anneau apparait sur la tige et une pourriture des joints se produit aux noeuds situés au-dessus des feuilles germinales quand la maladie est le résultat de graines contaminées. Cependant, un jaunissement et une malformation des feuilles peuvent se produire sans autres signes extérieurs. Mesures de contrôle :

- Labour profond et rotation des cultures.
- Débarrasser le champ des débris de plantes infectées.
- Eviter de travailler dans le champ quand le feuillage est mouillé.

- Utiliser des semences saines.
- Utiliser des variétés qui font preuve de résistance.
- Traiter la graine avec de la Streptomycine (2,5 g de principe actif par kilo de graines) ou de la Kasugamycine (0,25 g de principe actif par kilo), en utilisant un coulis (méthode liquide).
- L'application de fongicides à base de cuivre assure un contrôle assez moyen.

Maladies virales

Les haricots sont attaqués par un certain nombre de virus, dont une grande partie s'attaquent également aux doliques. Les virus de la mosaïque commune du haricot, de la mosaïque jaune du haricot et de la mosaïque du concombre sont propagés par les aphidés. La mosaïque rugueuse du haricot et plusieurs autres sont propagées par les doryphores. La mosaïque dorée du haricot et les virus des tachetures chlorotiques sont propagés par les moucherons et le virus du recroquevillement des feuilles par le puceron sauteur de la betterave. Les symptômes font partie des signes suivants : tachetures vert-jaune des feuilles, malformation, ratatinement, recroquevillement des feuilles, atrophie et jaunissement de la plante. Les mesures de contrôle consistent essentiellement en l'utilisation de variétés résistantes et de semences saines, et la lutte contre les insectes.

Maladies non-parasitaires

Lésion des graines : La graine du haricot est très vulnérable à des dégâts de l'enveloppe de la graine et à des dégâts internes causés par un battage incorrect et une récolte mécanisée ou par une manutention peu soigneuse. Les dégâts peuvent être invisibles ou produire des craquelures dans l'enveloppe de la graine, et dans ces deux cas on verra apparaître les anormalités suivantes dans la graine :

- Réduction de la germination de la graine et de la vigueur du jeune plant : Ces symptômes peuvent également être le fait de bactéries, de champignons, d'insectes, de brûlure à l'engrais et de lésions causées par des herbicides.

- "Tête chauve" : La jeune plante n'a pas de pointe de croissance. Il n'existe qu'un moignon dénudé au-dessus des cotylédons, si bien qu'aucune croissance supplémentaire de feuilles ne peut se faire.

- Détachement des cotylédons : Les jeunes pousses de haricot ont besoin d'au moins un cotylédon complet ou de deux cotylédons cassés rattachés à plus d'une moitié pour fournir une nutrition adéquate pour l'émergence et le début de la croissance.

Une graine de haricot sèche (14% d'humidité ou moins) est plus facilement endommagée. Il ne faudra pas laisser tomber jeter sur une surface dure les graines mises en sac.

Brûlure du soleil : Une lumière solaire intense, surtout si elle est suivie d'un temps couvert et humide, peut produire des petites taches pleines d'eau sur les parties exposées des feuilles, des tiges, des branches et des cosses. Ces taches deviennent rougeâtres ou brunes et peuvent pousser ensemble pour former d'importantes lésions nécrotiques. Les facteurs de pollution de l'air et les petites araignées tropicales peuvent produire des symptômes similaires.

Dégâts causés par la chaleur : Des températures diurnes élevées peuvent causer des lésions formant un resserrement autour de la tige au niveau du sol, surtout sur des sols sablonneux de couleur claire. Des températures supérieures à 35,5°C entraînent la perte des fleurs si elles surviennent en cours de floraison.

RECOMMANDATIONS POUR LA LUTTE CHIMIQUE CONTRE LES MALADIES

Traitement de la graine au fongicide

Efficacité

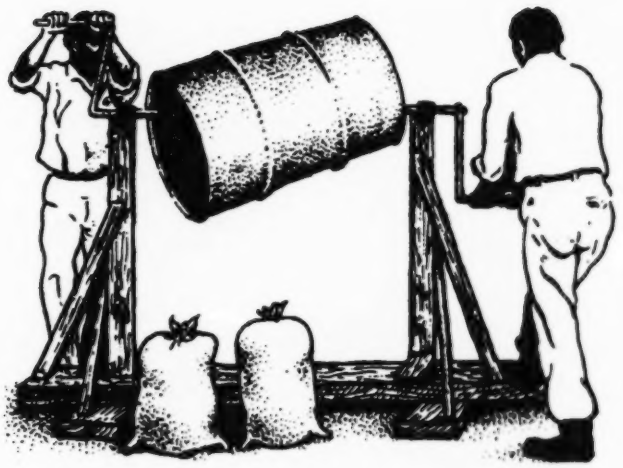
- Pourritures de la graine (flétrissement de pré-émergence): Très bonne.
- Nielles des jeunes pousses (maïs, sorgho, millet, arachides) : Satisfaisante.
- Pourritures des racines des jeunes pousses : Médiocre à satisfaisante.
- Maladies fongueuses originaires de la graine : Très bonne si les spores sont portés sur la surface de l'enveloppe de la graine ou près de celle-ci, comme pour le charbon "volant" et le charbon "couvrant" du sorgho. Médiocre si la maladie est située plus profondément à l'intérieur de la graine, comme pour l'anthracnose du haricot.
- Maladies bactériennes originaires de la graine : Médiocre.
- Virus originaires de la graine : Inefficace.

Le traitement des graines est très économique et est recommandé pour toutes les cultures de référence, surtout pour les arachides et autres légumineuses. Il est très utile dans des conditions d'humidité, surtout par temps frais où la germination est ralentie.

Comment traiter la graine

Les graines provenant de sources commerciales ou gouvernementales peuvent être déjà traitées au fongicide ou avec une combinaison fongicide/insecticide. Se reporter à l'étiquette et vérifier la présence d'une poudre fine de couleur rouge, violette ou verte sur la graine. Les

exploitants peuvent traiter les graines eux-mêmes en les mélangeant à la quantité adéquate de poudre fongicide. On peut traiter une grande quantité de graines en utilisant un barril que l'on fait tourner sur son axe longitudinal pour en mélanger le contenu, mais il faudra traiter les graines d'arachides et de haricots avec ménagement. Certains traitements sont appliqués sous forme liquide (coulis) ; il faudra toujours que les exploitants se reportent aux instructions figurant sur l'étiquette.



Barril mélangeur pour traiter
les graines au fongicide et/ou à
l'insecticide avant de les planter.

Tableau 10
Quantités recommandées pour le traitement des graines

Les recommandations suivantes sont basées sur des données actuelles provenant de l'Université de l'Etat de Caroline du Nord et du CIAT.

CULTURE	TRAITEMENT	Grammes/kg	Once/100 livres de graine
Maïs	Arasan (thiram) poudre à 50%	1,5	2,5
&	Captan (Orthocide) poudre à 75%	0,75	1,25
Sorgho	Dichlone (Phygon) poudre à 50%	0,6	1,0

NOTE : Augmenter les doses pour le sorgho d'environ 25 à 50%, sa surface par kilo étant plus importante.

Arachides			
	Arasan (thiram) poudre à 50%	2,0-2,5	3,0-4,0
	Captan + Maneb (poudre 30-30)	2,0-3,0	3,0-5,0
	Botran + Captan (poudre 30-30)	2,0-3,0	3,0-5,0
	Difolatan + Captan-poudre 30-30	2,0-3,0	3,0-5,0
	Vitavax (carboxine) 75% W	2,0-3,0	3,0-5,0
	Vitavax + Arasan ou Captan	1,25-2,0	2,0-3,0

NOTE : On recommande les combinaisons pour la nielle Aspergillus des jeunes pousses. Le Vitavax est un fongicide systématique. Il faudra traiter les graines d'arachides innoculées juste avant la plantation.

Haricots		
Arasan, Captan, Zined, Busan ou Vitavax	1,0-3,0	-----

NOTE : On peut lutter efficacement contre les infections de l'enveloppe de la graine dûes à l'anthracnose avec une application de poudre d'Arasan à 75% à raison de 5 g/kg de graine.

Précautions : A l'exception des composés à base de mercure comme le Ceresan, le Semesan et l'Agallol, les fongicides de traitement de la graine sont relativement non-toxiques, bien que certains puissent entraîner des irritations de la peau et des yeux. Eviter d'utiliser des composés à base de mercure. NE JAMAIS utiliser une graine traitée pour la consommation humaine ou animale. Il faudra porter des gants en caoutchouc pour manipuler les traitements combinant fongicide et insecticide contenant de la Dieldrine ou d'autres composés de Classe 1 et 2.

Recommandations pour l'application de fongicides au sol

Le Vitavax (carboxine) et le PCNB (Terrachlor) sont parfois appliqués au sillon de plantation au moment de l'ensemencement ou au sol de la rangée de plantation au cours de la croissance de la culture pour lutter contre les maladies originaires du sol comme la pourriture de la tige du sud et la pourriture des racines. Leur application est rarement nécessaire ou économique pour le maïs, le sorgho et le millet et ne se justifient généralement pas pour les arachides et les haricots, à moins que les rendements potentiels à la production ne soient particulièrement élevés et que les problèmes de maladies ne soient sérieux.

Arachides

Lutte contre la pourriture de la tige du sud : Appliquer du PCNB avant la plantation à raison de 11 kg de principe actif/ha sur une bande de 20 à 30 cm de largeur centrée sur la rangée de plantation ou aux premiers stades de formation des pédoncules sur une bande de 30 à 40 cm de largeur. Il faudra effectuer les applications de PCNB

faites avant la plantation à une profondeur de 5 à 7,5 cm. Si l'on applique le PCNB aux premiers stades de formation des pédoncules, il faudra diriger la vaporisation de façon à ce qu'elle atteigne le sol à la base des plantes. Si l'on utilise des granulés, ne pas les appliquer quand le sol est mouillé. Etendre des sacs au-dessus des plantes pour permettre aux granulés de s'incorporer au sol. le Vitavax peut être appliqué de la même façon aux premiers stades de formation des pédoncules à raison de 1,1 à 2,25 kg de principe actif/ha. (Ces quantités sont recommandées par l'Université de l'Etat de Caroline du Nord et l'Université de Clemson).

Haricots

Pourriture des racines et de tige dûes au Sclerosporium rolfsii

Des applications de PCNB sur la graine et au sol entourant la semence à raison de 3,4 à 4,4 kg de principe actif/ha au moment de la plantation se sont avérées efficaces au Brésil (données provenant du CIAT).

Pourriture des racine causée par le Rhizoctonia solani :

L'Université de l'Etat de Caroline du Nord recommande l'application de PCNB à raison de 100 à 150 grammes de principe actif/1000 mètres de longueur de rangée de plantation au moment de l'ensemencement, ces applications étant faites sur la graine et sur la terre du sillon entourant la semence.

Recommandations pour l'application de fongicides foliaires

Fongicides préventifs comparés aux fongicides curatifs

La plupart des fongicides, comme le Maneb, le Zineb, le Difolatan et le Manzate agissent comme des agents de protection en restant sur la surface des feuilles pour empêcher les spores

fongueux de germer et de pénétrer dans la plante. Ils ne peuvent guère arrêter la progression d'une infection déjà existante. Cependant, il existe un petit nombre de fongicides comme le Benlate (bénomyl) et le Thiabendazole (Mertect) qui sont en réalité absorbés par le tissu de la feuille et émigrent vers l'extérieur (vers les bordures). Ces fongicides systématiques sont des agents de prévention et de remède ; ils présentent également d'autres avantages:

- Ils ne sont pas susceptibles d'être enlevés du feuillage par les pluies ou les eaux d'arrosage.
- Etant donné qu'ils émigrent dans la feuille-même, une application uniforme sur le feuillage n'est pas aussi importante que pour un fongicide de protection non-systématique.

Le principal inconvénient des fongicides systématiques est qu'ils sont efficaces contre un nombre plus limité de maladies fongueuses que la plupart des fongicides de protection ; il faudra donc faire bien attention à utiliser le produit correspondant à la maladie.

Le Vitavax (carboxine) et le Plantvax (oxycarboxine) sont deux autres fongicides systématiques utilisés principalement pour le traitement des graines et des applications au sol.

Recommandations générales pour l'application de fongicides foliaires

Type de culture : Les fongicides foliaires constituent rarement une solution économique pour le maïs, le sorgho et le millet. Ils assurent un meilleur rapport bénéfice/coût s'ils sont utilisés sur des cultures bien gérées de haricots et d'arachides dans des conditions où les maladies fongueuses des feuilles constituent un facteur limitatif.

Quand faut-il procéder à l'application ? : Dans des

conditions idéales, il faudra commencer les applications un peu avant que l'infection ne s'installe ou au moins avant que les signes de la maladie ne se manifestent de façon très évidente. Cela est particulièrement important quand des fongicides non-systématiques de protection sont utilisés. Dans la plupart des régions de culture, les maladies fongueuses des feuilles sont quelque peu prévisibles en ce qui concerne leur première apparition. Les fongicides sont trop onéreux pour pouvoir être utilisés de façon routinière une fois que les plantes ont émergé. De plus, la plupart des maladies fongueuses n'infectent pas les plantes avant la floraison.

Fréquence des applications : Celle-ci va dépendre du degré de la maladie, des précipitations et du type de fongicide. Les fongicides non-systématiques de protection peut être balayés des feuilles par les pluies (ou l'eau d'arrosage), mais les fongicides systématiques restent dans la plante une fois absorbés. Dans des conditions de précipitations fréquentes, il faudra peut-être appliquer les fongicides de protection tous les quatre à sept jours. Dans des conditions plus sèches, un intervalle de 10 à 14 jours est considéré normal. Les fongicides systématiques sont généralement appliqués tous les 12 à 14 jours quelque soit la fréquence des précipitations. Le degré de la maladie affecte également la fréquence des applications, mais celle-ci est généralement plus fonction des précipitations et du degré d'humidité (ainsi que de la résistance de la variété).

Une application bien uniforme du produit sur le feuillage des cultures est très importante pour les fongicides. Cela est particulièrement le cas pour les produits de protection qui ne sont efficaces que sur les parties de la surface des feuilles avec lesquelles ils entrent en contact. Avec des fongicides de protection, il faudra essayer de couvrir le dessous aussi bien que le dessus des feuilles. L'utilisation d'adhérents et d'agents d'humidification est recommandée pour presque toutes les vaporisations de fongicides pour améliorer leur uniformité d'application et leur adhésion au feuillage. Le Duter est une

exception, l'addition de ces agents augmentant la possibilité de dégâts causés par ce produit sur les cultures. Certains fongicides contiennent déjà des adhérents et des agents d'humidification ; il faudra donc bien lire l'étiquette.

Quantité d'eau nécessaire à une application uniforme sur le feuillage : Celle-ci varie selon la taille des plantes, la densité des cultures et le type de vaporisateur. Pour des vaporisateurs à dos et des plantes adultes, il faudra au moins 700 l d'eau/ha.

Dosages recommandés

Il faudra suivre les instructions figurant sur l'étiquette des produits ainsi que celles faites par les services de vulgarisation. Les recommandations suivantes sont d'ordre général.

Tavelure des feuilles Cercospora des arachides : Le Benlate et le Duter se sont avérés généralement être les plus efficaces, bien que la plupart des autres produits comme le Ditahne M-45, l'Antracol, le Bravo (Daconil), le Difolatan, les poudres de sulafte de cuivre et les vaporisations à base de cuivre assurent également un contrôle satisfaisant. Les recommandations suivantes proviennent de l'Université de l'Etat de Caroline du Nord (U.S.A.) et d'Australie.

Duter 47% WP : 425 g de formule-même par hectare. Ne pas employer d'adhérent ou d'agent d'humidification.

Benlate 50% WP : 425 g de formule-même par hectare. Ajouter un adhérent-agent d'humidification.
Le contrôle sera amélioré si l'on combine 285 g de Benlate + 1,7 kg de Dithane M-45 ou de Manzanate 200 + 2,3 d'huile de culture non-phytotoxique par hectare. L'huile améliore la pénétration du produit.

Daconil (Bravo) : 875 à 1.200 g de principe actif par hectare.

Des produits à base de cuivre comme l'oxychlorure de cuivre, l'hydrate de cuivre et le sulfate de cuivre peuvent être utilisés à raison de 1,85 kg de principe actif par hectare.

L'Antracol 70% WP peut être utilisé à raison de 1,7 kg/ha.

Poudre de sulfate de cuivre : Se reporter aux recommandations du fabricant.

Note : Ne pas donner en nourriture au bétail du foin traité à moins que seuls des produits à base de cuivre ou de sulfate de cuivre n'aient été utilisés. Le Duter aide à retarder l'accumulation des araciens. On peut endommager la plante si on utilise un adhérent-agent d'humidification avec le Duter.

Maladies foliaires des haricots : Il faudra que le potentiel de rendement de haricots soit particulièrement élevé pour justifier l'utilisation de fongicides foliaires. Il faudra considérer l'emploi de fongicides systématiques là où les précipitations sont élevées s'ils sont efficaces contre la maladie à traiter.

Anthracnose : Des publications du CIAT recommandent le Maneb 80% W ou le Zineb 75% W à raison de 3,5 g/l d'eau ; le Benlate à raison de 0,55 g/l, le Difolatan 80 W à raison de 3,5 kg/ha et le Duter 47 W à raison de 1,2 g/l.

Rouille : Le CIAT suggère le Dithane M-45 ou le Mancozeb à raison de 3 à 4 kg/ha ; le Manzanate D 80 W ou le Maneb 80 W (Dithane M-22) à raison de 4 kg/1000 l/ha ; la poudre de sulfate à raison de 25 à 30 kg/ha. Le Plantvax (oxycarboxine), un fongicide systématique, s'est avéré donner de bons résultats en vaporisation à raison de 1,8 à 2,5 kg/ha en poudre humidifiable à 75% à 20 jours et 40 jours après la plantation ou toutes les deux semaines jusqu'à la fin de la floraison.

Moisissure blanche (Sclerotinia) : L'Université de l'Etat de Caroline du Nord recommande l'emploi de Benlate 50 W à raison de 1,7 à 2,25 kg/930 l/ha ou de Botran (dichloran) 75 W à raison de 4,5 kg/930 l/ha.

Nielle "toile d'araignée" : Le CIAT recommande le Benlate 50 W à raison de 0,5 kg/ha (0,5 g/l à 1.000 l/ha) ou le Brestan 60 à raison de 0,8 kg/ha ou le Maneb (Dithane M-22) à raison de 0,5 g/litre. (Note : ce dosage du Maneb semble exceptionnellement faible).

Tavelure angulaire des feuilles : Les publications du CIAT suggèrent le Benlate 50 W à raison de 0,5 g/l, le Zineb, le Mancozeb, le Ferbam avec un adhérent sulfaté (aucun dosage n'est donné pour ceux-ci).

Nielles bactériennes : Utiliser des vaporisations à base

de cuivre et suivre les directions données sur l'étiquette du produit.

NEMATODES

Les nématodes sont de minuscules ascarides fins et incolores de 0,2 à 0,4 mm de longueur. Il existe un grand nombre de nématodes se nourrissant de plantes. La plupart vivent dans le sol et viennent se nourrir sur ou dans les racines des plantes, utilisant pour cela des mandibules en forme d'aiguille pour percer le tissu et sucer la sève. Ils font se dissoudre le contenu des cellules des racines en injectant un enzyme produisant diverses réactions selon le type de nématode. Le nématode du noeud des racines provoque l'apparition de galles ou de noeuds sur certaines parties des racines, tandis que les nématodes des lésions des racines produisent des lésions de couleur foncée sur les racines. Les nématodes à dard et les nématodes de troncature des racines font des incisions dans le réseau des racines et lui donnent une apparence tronquée. La croissance des racines s'en trouve souvent stoppée et elles sont rendues très vulnérables à l'attaque des bactéries et des champignons.

Les nématodes sont surtout répandus et très actifs là

où le sol est chaud. Ils semblent préférer des sols plus sablonneux ou des parties du sol où la fertilité ou l'humidité sont faibles. Cependant, des sols argileux peuvent également avoir des problèmes de nématodes.

Etant donné qu'ils sont minuscules, les nématodes se déplacent rarement plus de quelques centimètres par an. Malheureusement, ils sont aisément propagés par la terre portée par les outils et l'équipement agricole ou par les eaux s'écoulant d'un champ.

Le maïs, le sorgho et le millet sont relativement résistants à la plupart des nématodes, et leurs pertes au rendement dépassent rarement 10 à 15%. Les légumineuses sont les plus vulnérables à la lésion des racines et aux nématodes à dard qui se nourrissent des racines, des pédoncules et des cosses. Les haricots et les doliques sont attaqués par les nématodes de troncature des racines, des lésions des racines et les nématodes à dard, ainsi que par d'autres types de nématodes. Au Kénya, d'importantes infestations de nématodes du noeud des racines ont fait baisser les rendements de 60% dans certains cas.

Diagnostic des dégâts causés par les nématodes

Les symptômes apparaissant au-dessus de la surface du sol sont rarement suffisamment clairs pour permettre d'établir un diagnostic sans avoir à examiner le système des racines, mais les symptômes suivants peuvent indiquer la présence de nématodes :

- Atrophie, jaunissement, manque de vigueur de la plante. Ces signes peuvent cependant être l'indication d'un grand nombre d'autres problèmes -- fertilité trop faible, maladies, acidité ou humidité excessive du sol, par exemple.
- Fanage, même quand le niveau d'humidité semble adéquat et

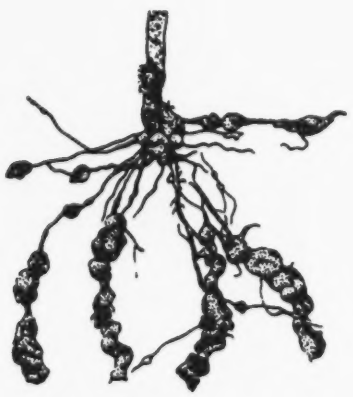
que la chaleur n'est pas excessive. Ces signes peuvent également indiquer la présence d'insectes dans le sol, de térébrants et de maladies.

- Les dégâts apparaissent presque toujours par endroits dans le champ et sont rarement uniformes. C'est une importante caractéristique des dégâts causés par les nématodes.

Les symptômes apparaissant sur les racines, tels qu'ils sont décrits ci-dessous, peuvent être observés si on déterre les racines avec précaution pour les examiner :

- L'apparition de galles ou de noeuds constitue un signe certain de la présence de nématodes. Il ne faudra pas confondre ceux-ci avec les nodosités de la bactérie Rhizobium qui se rattachent aux racines des légumineuses. Les galles ou noeuds causés par les nématodes du noeud des racines sont en réalité des parties de racine enflées.

- D'autres types de nématodes provoquent de minuscules lésions de couleur foncée, des racines tronquées ou la perte de racines nourricières. Il ne faudra pas confondre ces dégâts avec ceux causés par les vers des racines, les asticots ou autres insectes.



Galles causées par des nématodes du noeud des racines. Remarquer qu'elles font en réalité partie des racines et diffèrent en cela des nodules.

Un diagnostic de laboratoire est souvent nécessaire pour confirmer la présence de nématodes, bien que les dégâts causés par les nématodes du noeud des racines soient souvent apparents à l'oeil nu. Les laboratoires de pathologie des plantes dans la plupart des pays peuvent tester le sol et des échantillons de racines pour déterminer la présence de nématodes. Il faudra prélever 10 échantillons de terre juste à côté des plantes au hasard dans le champ à l'aide d'une pelle. On prend un échantillon de terre en creusant à environ 20 à 25 cm de profondeur et en se débarrassant des 5 premiers centimètres de sol ainsi que de la terre ramenée aux bords de la pelle. On place le reste de terre dans un seau, en s'assurant qu'elle contient quelques racines. Il faudra mélanger ensemble les échantillons et placer un demi-litre de sol dans un sac plastique. Il faut protéger l'échantillon de la lumière du soleil ou d'une chaleur excessive, en le réfrigérant si possible jusqu'au moment où il sera envoyé au laboratoire. Un diagnostic de laboratoire est également utile pour la mise sur pied d'un programme adéquat de rotation des cultures visant à réduire le nombre de nématodes, puisque les différents types de nématodes diffèrent dans leur culture de prédilection.

Lutte contre les nématodes

Il est impossible de s'en débarrasser complètement, mais des mesures de contrôle chimiques et non-chimiques peuvent permettre de réduire leurs nombres à des niveaux tolérables.

Mesures de contrôle non-chimiques

Rotation des cultures : C'est une mesure de contrôle parfois difficile ou peu pratique, la plupart des types de nématodes ayant un grand nombre de cultures porteuses :

- Nématodes du noeud des racines (Meloidogyne spp.) : Les haricots, doliques, concombres, courges, pastèques, melons, tomates, tabac, gombo, coton, carottes, salades, pois et fraises sont très vulnérables, mais les arachides

peuvent également être attaquées. Les cultures appartenant à la famille des graminées ont tendance à être moins vulnérables. Le coton et les arachides peuvent faire partie de la même rotation puisqu'ils ne partagent pas la même espèce de noeud des racines. Cependant, la plantation de coton juste avant celle d'arachides va entraîner l'accumulation de maladies originaires du sol affectant les arachides.

- Nématodes des lésions des racines (Practylebchus spp.) : Les haricots, doliques, arachides, soja, tabac, gombo, poivrons, pommes de terre, patates douces, tomates, canne à sucre et fraises sont parmi les plus vulnérables. Le maïs l'est moins, et le sorgho et le millet présentent une meilleure résistance.

- Nématodes à dard (Bolonolaimus spp.) : Les haricots, doliques, coton, soja, maïs, millet, sorgho, patates douces, tomates, courges et graminées de pâturage font partie des plantes porteuses. Le tabac et la pastèque sont résistants.

Certains types d'arbres légumineux comme le Prosapis spp. sont porteurs de nématodes. Les services de vulgarisation du pays d'accueil disposent parfois d'un spécialiste en nématodes qu'il faudra consulter pour la rotation des cultures et autres mesures de contrôle.

Variétés résistantes : Les variétés varient quelque peu dans leur degré de résistance aux nématodes.

Exposition : Si l'on déterre au labour les racines des cultures vulnérables juste après la récolte, on les expose à la lumière du soleil et au séchage, ce qui fait mourir un grand nombre de nématodes.

Inondation : Un mois d'inondation suivi d'un mois de séchage suivi d'un autre mois d'inondation va réduire grandement les problèmes de nématodes, mais cela n'est pas toujours faisable.

Plantes antagonistes : Un grand nombre de livres de jardinage recommandent la culture combinée de soucis parmi les cultures vulnérables pour lutter contre la présence de nématodes. Malheureusement, des recherches ont montré que les espèces de soucis varient dans leur degré d'efficacité, qui se limite essentiellement à un seul type de nématode, le nématode des lésions des racines. De plus, les soucis ne font pas mourir les nématodes, mais les chassent en les privant de nourriture. Cela signifie

qu'une culture combinée n'est pas efficace, puisque les nématodes auront toujours à leur disposition une autre source d'alimentation. Il faudrait ne planter que des soucis, puis planter une culture vulnérable aux nématodes des lésions des racines de façon à assurer un certain contrôle.

Deux cultures de légumineuses à fourrage vert ou de couverture, la Crotalaria spectabilis (crotalaria à sonnette) et l'Indigofera hirsuta (indigo chevelu) peuvent faire diminuer les populations de la plupart des types de nématodes.

Sol : Une bonne fertilité du sol et un haut niveau de matière organique dans le sol peuvent être utiles.

Mesures de contrôle chimiques

Produits fumigatoires du sol : Certains de ceux-ci, comme le bromure de méthyle, le Vapam, le Basamide et l'EDB sont souvent utilisés sur les légumes ou sur les couches de repiquage des semis, mais soit ils sont trop onéreux, soit ils requièrent un équipement spécialisé. Certains sont très dangereux.

Nématocides non-fumigatoires : Ceux-ci comprennent le Mocap (éthoprop), le Furadan et le Dasanit ; ils peuvent être appliqués sous forme de granulés sur la rangée de plantation et sont efficaces contre certains insectes. Dans des conditions de petite exploitation, leur utilisation sur le maïs et d'autres céréales pour lutter contre les nématodes ne serait pas économique sauf dans le cas d'infestations importantes et de potentiel de rendement élevé. Dans certains cas, leur emploi sur les légumineuses peut être justifié, surtout pour les arachides. Voici certaines recommandations générales pour l'utilisation des nématocides les plus communs :

NEMAGON (DBCP, Frumazone) : Se présente sous forme de liquide ou de granulés mais ce produit a été pratiquement banni aux Etats-Unis où on le considère comme un cancérigène possible. Une exposition prolongée sur plusieurs années a causé une atrophie testiculaire chez les hommes. Il est fortement déconseillé.

FURADAN (Carbofuran) : Voir sa description à la Section B. Il a une toxicité dermique faible mais une toxicité orale très élevée.
Les recommandations générales pour l'application de nématocide sont les suivantes :

- Arachides : Appliquer en bande de 30 à 35 cm de largeur au-dessus de la rangée avant la plantation ; utiliser 2,2 à 4,5 kg de principe actif par hectare. Il faudra le travailler dans le sol à une profondeur de 5,5 à 15 cm.

- Maïs : Appliquer en bande de 18 à 36 cm de largeur au-dessus de la rangée et travailler dans les 5 à 10 premiers centimètres de sol. Utiliser 1,7 à 2,25 kg de principe actif par hectare.

MOCAP (Ethroprop, Prophos) : Détruit les nématodes et les insectes du sol mais c'est un produit très toxique par absorption dermique et orale. On l'applique comme le Duradan à raison de 1,7 à 2,25 kg de principe actif par hectare. N'est pas recommandé pour la plupart des petits exploitants. Non-systématique.

TEMIK (Aldicarb) : Insecticide/nématocide systématique à très haute toxicité dermique et orale. A éviter.

DASANIT (Terracur, fensulfothion) : Produit non-systématique pour les insectes du sol et les nématodes. Toxicité orale et dermique très élevée. Eviter son utilisation.

NEMACUR (Phenamiphos, Fenamiphos) : Produit systématique pour le traitement des nématodes, des insectes du sol et des insectes suceurs de sève s'attaquant aux parties des plantes situées au-dessus de la surface du sol. Toxicité de Classe 2. S'applique aux arachides comme le Furadan à raison de 1,7 à 2,85 kg/ha. A manipuler avec précaution. Utiliser si possible plutôt le Furadan dont la toxicité dermique est bien plus faible.

CONTROLE DES OISEAUX ET DES RONGEURS

Oiseaux

Oiseaux se nourrissant des graines

Dans certaines régions d'Afrique et dans d'autres pays, des oiseaux comme le gibier des bois déterrent et mangent les graines nouvellement plantées. Ils déracinent souvent également les jeunes pousses de maïs et d'autres céréales au cours de leurs premières semaines de

croissance.

Mesures de contrôle : Les épouvantails sont relativement peu efficaces, mais certains dispositifs bruyants peuvent les éloigner. Il sera souvent nécessaire de tenir les oiseaux à l'écart des champs ensemencés quand ils viendont se nourrir tôt le matin et tard dans l'après-midi au cours des deux ou trois premières semaines suivant la plantation. Les exploitants font souvent tremper leurs graines de semence dans des insecticides très toxiques comme l'Endrine et la Dieldrine avant de les planter ou de les placer un peu partout dans le champ pour attirer les oiseaux. Non seulement cette méthode est dangereuse, mais elle peut également mener à la destruction de la faune. Il existe certains produits qui tiendront les oiseaux à l'écart, comme le Mesurol 50% en poudre que l'on mélange au maïs avant de le planter à raison de 9 à 10 g/kg pour éloigner les merles. Le Mesurol peut endommager le maïs dans des conditions de fraîcheur et d'humidité. Une méthode assez efficace consiste à vaporiser les graines avec de la poudre fongicide Captan ou de les faire tremper dans de la térébenthine.

La mesure de contrôle la plus efficace peut consister à installer des banderoles de tissu ou de plastique de 5-6 cm de largeur et 50-60 cm de longueur qui tiendront les oiseaux à l'écart. On les attache à intervalles de 1,5 m à de grosses cordes rattachées à des piquets d'au moins 1,2 m de hauteur et plantés à 15 m d'écart.

Les Quéléas

Le Quéléa est un tisserin à tête noire de la taille d'un moineau. C'est peut-être l'oiseau faisant le plus de ravages dans les graines partout dans le monde. Sa présence est limitée aux régions du Sahel et de savanne africaines où sa population s'étend sur une zone allant du Sénégal à la Mauritanie et la Somalie et au sud de l'Afrique orientale et de l'Afrique du Sud à l'Angola.

Ces oiseaux se rassemblent en grandes colonies nomades et se nourrissent des graminées sauvages ou plantées, comme le

millet, le sorgho, le riz et le blé, surtout quand ils ne sont pas encore mûrs. (Le maïs est moins affecté). Les Quéléas commencent à se reproduire quelques semaines après le début de la saison des pluies et ils construisent leurs nids dans les buissons épineux ou plantes de marécages. Des études menées au Sénégal ont trouvé que même des arbres de petite taille peuvent abriter jusqu'à 500 nids, 5000 à 6000 pour les arbres plus grands. Chaque couple peut produire deux petits. Mesures de contrôle : Dans les régions vulnérables, les villageois construisent des plates-formes en hauteur où ils montent la garde, parfois pendant plusieurs semaines, jusqu'à ce que le grain mûrisse. Les gouvernements entreprennent fréquemment des campagnes d'extermination de Quéléas qui concentrent leurs efforts sur la destruction des nids et des endroits où ils vont se percher à l'aide d'explosifs, de torches, etc.. Les autorités sud-africaines ont détruit 400 millions de quéléas par vaporisation aérienne au cours d'une campagne qui a duré quatre ans. Cependant, les oiseaux reviennent généralement en nombres tout aussi importants un ou deux ans plus tard : ils sont très nomades et on estime que leur terrain de reproduction s'étend sur deux millions de miles carrés. A l'heure actuelle, l'utilisation de variétés résistantes aux oiseaux ne s'est pas avérée très fructueuse en ce qui concerne le quéléa ; c'est également de cas de produits comme l'Avitrol et le Morkit que l'on utilise pour les tenir à l'écart.

Autres oiseaux se nourrissant de graines

Les merles (mainates, étourneaux, etc..), les moineaux, les galahs et les pigeons viennent également se nourrir des céréales, mais généralement en nombres moins considérables que les Quéléas. L'utilisation de variétés de sorgho résistantes aux oiseaux (se reporter au Chapitre 3) est relativement efficace pour tenir les oiseaux éloignés avant qu'il ne parvienne à maturité, mais ne l'est plus une fois qu'il commence à mûrir. Des produits

comme l'Avitol (amynopyridine) sont souvent utilisés avec succès aux Etats-Unis pour éloigner les oiseaux. Mais avec ces produits, les oiseaux s'éloignent d'un champ pour s'attaquer à un autre qui n'est pas protégé.

Les rongeurs

Le rat de la canne (Tronomya sp.) peut causer des pertes considérables de céréales au cours des derniers stages de leur croissance, surtout si une verse causée par de grands vents ou des maladies a été importante.

Mesures de contrôle :

- On peut empêcher les rongeurs de pénétrer dans le champ en laissant une bande de terrain nettoyé de 2 à 3 m de largeur le long du périmètre du champ depuis l'ensemencement jusqu'à la récolte. La construction de barrières en feuilles de palmiers ou en bambou est également efficace, surtout si on y met des pièges ou des collets.

- Il faudra faire attention aux mauvaises herbes.

- Il faudra relever les plantes couchées ou tombées et arracher leur feuilles mortes du bas de la tige pour empêcher les rongeurs d'y grimper.

- Un grand nombre de villages organisent des campagnes de destruction des rongeurs. La meilleure période est pendant la saison sèche quand les rats se rassemblent dans le peu de verdure qu'il reste.

- L'utilisation de produit comme le Nocotox 20 qui les éloigne peut être relativement efficace.

- Il faudra empêcher les rats de pénétrer là où le grain et d'autres denrées sont entreposés, ce qui peut augmenter leur population au cours de la saison sèche. (Se reporter au Chapitre 7).

- On peut utiliser des poisons.

NOTE : La destruction des rats dans le champ à l'aide de pièges, de poisons et d'autres méthodes ne constitue pas une solution très efficace à long terme. La meilleure solution est d'empêcher une intensification de leur population ; cela requiert une coordination sur une grande surface. Le manuel du PC/ICE Entreposage du Grain sur les Petites Exploitations contient une section très utile sur la lutte contre les rats.

7 Récolte, séchage et entreposage

Pour l'exploitant, les travaux agricoles ne sont pas finis une fois que la culture a bien atteint sa maturité dans le champ. Des pertes se produisant entre la maturité et le moment de la consommation ou de la vente de la récolte sont souvent sérieuses, surtout pour le petit exploitant, et elles constituent souvent également un facteur contribuant au problème mondial des denrées alimentaires. Ce chapitre traite principalement de méthodes spécifiques visant à minimiser ces pertes.

DE LA MATURITE
A LA RECOLTE

Maïs, sorgho et millet

Quand ces cultures céréalières atteignent leur maturité physiologique, leur grain est encore trop humide et trop mou pour pouvoir le battre sans l'endommager (le battage consiste à séparer la tige ou l'épi) ou pour pouvoir l'entreposer dans que des moisissures ne se développent. La plupart des petits exploitants laissent sècher la culture sur pied plusieurs semaines avant la récolte, à moins qu'il ne soit immédiatement nécessaire de préparer la terre pour la culture suivante. Au cours de cette période, la culture est vulnérable à des pertes causées par plusieurs facteurs :

- Les rongeurs : Les pertes seront surtout élevées si un grand nombre de tiges sont cassées ou si les plantes ont versé.

- Verse et tiges brisées : Cela peut se produire au cours d'une période de séchage sur pied et est souvent dû à une densité de plantation trop forte, à de bas niveaux de potassium dans le sol, à des vents forts et à des pourritures des tiges. Cela favorise les dégâts causés par les rongeurs et les pourritures du grain, surtout quand les épis ou les têtes des plantes sont en contact avec le sol.

- Pourritures du grain : Un temps humide au cours d'une période de séchage sur pied peut entraîner des pourritures fongueuses du grain (moisissures et pourritures de l'épi) ou accélérer les pourritures pouvant avoir commencé au cours du stade de remplissage du grain. Certains petits exploitants replient les épis vers le bas quand ils commencent à mûrir pour empêcher l'eau d'entrer par les extrémités de l'épi.

- Charançons et autres insectes d'entreposage : Certains insectes s'attaquant au grain entreposé comme le charançon du riz (Sitophilus oryzae) et l'alucite Angoulis (Sitotroga sp.) peuvent voler dans les champs et commencer à infester les cultures à partir du stade de la pâte molle. Les variétés de maïs dont les enveloppes de l'épi sont longues et resserrées présentent une assz bonne résistance, mais les variétés à haut rendement ont tendance à être vulnérables à cet égard.

- Les oiseaux : La plupart des espèces préfère le grain quand il est plus jeune et tendre mais ils peuvent quand même causer des problèmes après la maturité. Les variétés de sorgho résistantes aux oiseaux perdent leur aptitude à les éloigner une fois qu'elles sont mûres.

- Vol : Il faudra encourager les exploitants à procéder aux moissons tout de suite après la maturité toutes les fois que cela sera possible pour empêcher que leurs récoltes soient volées.

Haricots et doliques

Les pertes en haricots et doliques survenant entre le stade de la maturité et la ceuillette sont causées par les facteurs suivants :

- Eclatement des cosses : La perte de grains qui tombent des cosses éclatant au séchage peut constituer un problème, mais ces pertes ne sont généralement pas très sévères à moins que la cueillette ne soit trop retardée.

- Bruches : (Se reporter à la section traitant de l'entreposage). Ces insectes s'attaquent sérieusement non seulement aux légumineuses entreposées, mais ils viennent également infester dans le champ les haricots et les doliques en déposant leurs oeufs dans les craquelures ou les coupures des cosses.

- Détérioration des graines : Cela peut constituer un sérieux problème pour les haricots et les doliques et peut se produire tout de suite après la maturité si les pluies continuent. Des études menées par l'IITA ont trouvé que la qualité et la germination de la graine de dolique déclinent rapidement si la cueillette est retardée. Dans des tests menés dans des conditions d'humidité, la germination de la graine tombait à 50% ou moins dans les trois semaines suivant la maturité, et la vaporisation de fongicides avant la cueillette n'était guère efficace pour y pallier.

- Maturité retardée : Des publications du CIAT mentionnent que les plantes de haricots et de doliques peuvent faire

de nouvelles pousses et de nouvelles fleurs si elles mûrissent dans des conditions de fortes précipitations. Le nouveau feuillage peut interférer avec un bon séchage des cosses et peut entraîner des pourritures.

Arachides

Les arachides posent un problème spécial, toutes les cosses ne mûrissant pas simultanément. Celles qui mûrissent les premières peuvent se détacher des pédoncules avant que les autres ne soient mûres. Il est important de se conformer à un bon calendrier des récoltes. Ce sujet est traité dans la section suivante.

RECOLTE ET BATTAGE

Presque tous les petits exploitants des pays en voie de développement récoltent leurs cultures céréalières et leurs haricots à la main et les battent plus tard. Pour les arachides, la cueillette consiste à arracher les plantes et à cueillir les cosses qui y sont attachées, puis on les laisse sécher dans le champ pendant une période de plusieurs jours à quatre à six semaines avant de les battre.

Le battage consiste à séparer les graines des épis ou des cosses en les battant, en les piétinant ou en utilisant d'autres méthodes. Avec les arachides, le battage sépare les cosses des pédoncules qui les rattachent à la plante et cette opération ne comprend pas l'épluchage.

l'épluchage. (Avec le maïs, le terme "épluchage" est généralement utilisé au lieu de "battage").

Avec les cultures céréalières et les haricots, le petit exploitant a plusieurs options en ce qui concerne la séclection du moment du battage. Si on a laissé la culture dans le champ après sa maturité pendant un certain temps et en période sèche, le taux d'humidité des graines peut être suffisamment bas pour permettre de les battre sans les endommager tout de suite après la récolte. Cependant, l'exploitant peut préférer retarder le battage pour deux raisons :

- Le taux d'humidité du grain peut être trop élevé pour échapper aux pertes d'entreposage s'il est emmagasiné sous forme de grain. Les graines entreposées sous forme non-battue, sur leurs épis ou dans leurs cosses peuvent être conservées dans danger à un taux d'humidité beaucoup plus élevé, puisqu'il existe une surface d'air plus importante pour une bonne ventilation et un séchage supplémentaire.

- Le maïs entreposé sous forme d'épis non-épluchés et les légumineuses entreposées dans leurs cosses sont plus résistants aux insectes d'entreposage.

Le vannage du grain se fait après le battage et consiste à séparer du grain la menue paille et autres petits détritus en utilisant l'effet du vent, des ventilateurs ou des tamis. Il faudra parfois vanner le grain plusieurs fois avant de pouvoir le consommer ou le vendre. Le vannage est souvent complété par un triage manuel pour enlever les cailloux, les mottes de terre et autres détritus plus gros.

Recommandations générales pour la récolte et l'épluchage du maïs

Comment déterminer si le grain est mûr

Dans la zone des tropiques où l'élévation va de 0 à 1000 m, la plupart des variétés de maïs atteignent leur maturité physiologique dans les 90 à 130 jours suivant

l'émergence des jeunes pousses ou dans les 50 à 58 jours après que 75% des plantes aient produit des soies. Au fur et à mesure que le stade de maturité s'approche, les feuilles du bas commencent à jaunir et à tomber. Sur une plante saine et bien nourrie, cela ne doit se produire que quand les épis sont presque mûrs. Dans des conditions idéales, la plupart des feuilles devront être encore vertes quand l'enveloppe de l'épi commence à brûnir. Malheureusement, on voit rarement de telles plantes à haut rendement dans les champs des petits exploitants, étant donné la présence de facteurs de tension comme une mauvaise fertilité, la présence d'insectes et de maladies, et un désherbage inadéquat. Dans des conditions plus typiques, la plupart des feuilles sont mortes avant que la plante atteigne sa maturité.

La méthode de "la couche noire" : Quand un grain de maïs atteint sa maturité physiologique (poids sec maximal), la couche extérieure de cellules située à sa base où il est connecté à l'épi va mourir et noircir, empêchant ainsi tout autre transfert d'éléments nutritifs de l'épi au grain. Cette "couche noire" est un signe de maturité. On peut voir cette couche en détachant des grains de l'épi et en examinant leur base. Il faudra peut-être couper au canif dans le sens de la hauteur les grains qui viennent juste de mûrir pour exposer la couche noire. Cependant, avec des grains plus âgés, on voit facilement cette couche en grattant la base du grain avec l'ongle.

Il ne faudra pas oublier que la maturité physiologique n'est pas atteinte tant que toute la fécule laiteuse du grain ne s'est pas solidifiée. Ce processus commence à la pointe du grain et se fait vers le bas. Les grains situés à la pointe de l'épi sont les premiers à mûrir, suivis pas ceux situés au bas de l'épi (c'est une différence de quelques jours).

Avec des plantes saines, l'humidité du grain quand il atteint sa maturité physiologique varie de 28 à 36%. Un tel taux d'humidité est généralement trop élevé pour pouvoir battre le grain sans l'endommager ou pour l'entreposer sans l'exposer au danger de moisissures, sauf sous forme d'épis épluchés entreposés dans des coffres très étroits. La couche noire peut se former beaucoup plus tôt au cours du cycle de croissance du plant de maïs si les conditions de croissance sont défavorables. Dans ces conditions, les grains seront petits et rabougris et leur taux d'humidité sera beaucoup plus élevé au moment de la formation de la couche noire.

Le taux de séchage du maïs que l'on laisse sécher sur pied Quand on laisse les plants de maïs sur pied dans le champ après leur maturité, les grains perdent environ 0,25 à 0,5% d'humidité par jour, mais ce taux peut varier de 0,1 à 1% selon les conditions climatiques et si les épis sont repliés ou non vers le bas pour empêcher l'eau d'y pénétrer.

Méthodes de récolte du maïs :

- A la main : On cueille les épis à la main, en enlevant leur enveloppe ou en la laissant sur l'épi. Pour les épis épluchés, on aura besoin d'une surface d'entreposage plus petite et les épis résisteront mieux aux insectes, mais ils pourront pourrir plus facilement à l'entreposage si leur taux d'humidité est élevé.

- A la machine : Des cueilleuses et cueilleuses-éplucheuses tirées par un tracteur peuvent travailler sur une ou deux rangées à la fois, mais il existe également des combinés motorisés qui peuvent travailler sur six à huit rangées à la fois. En changeant l'accessoire qui lui est rattaché à l'avant (la "tête"), on pourra utiliser un combiné pour moissonner d'autres cultures céréalières (si elles ne sont pas trop hautes) et des haricots buissonnants, mais on ne pourra pas l'utiliser pour les arachides. Des cueilleuses et combinés bien réglés ne devront pas produire respectivement plus de 2% et 4% de perte à moins que les plantes n'aient beaucoup versé.

Quand faut-il commencer la moisson?

Il faudra commencer la moisson aussi tôt que possible une fois que les plantes ont atteint leur maturité, mais

mais cela dépendra de la méthode de récolte utilisée par l'exploitant et des installations de séchage et d'entreposage.

Moisson faite à la main : Puisqu'on peut entreposer sans danger les épis épluchés dans des coffres étroits (se reporter à la section traitant de l'entreposage) avec un taux d'humidité du grain pouvant aller jusqu'à 30 à 32%, on peut commencer la moisson tout de suite après la maturité. La plupart des petits exploitants préfèrent laisser sécher d'abord le maïs plus longtemps sur pied.

Moisson mécanisée

- Cueilleuses : Si l'on utilise des coffres étroits pour entreposer le maïs (se reporter à la section sur l'entreposage), on peut commencer une moisson à la machine une fois que le taux d'humidité du grain a baissé à 30-32%.

- Cueilleuses-décortiqueuses et combinés : Dans ce cas, des installations de séchage adéquates et l'endommagement du grain au décorticage constituent des priorités. Aux tropiques, le maïs décortiqué dont le taux d'humidité est supérieur à 14% ne va pas se conserver plus d'une semaine à quelques mois sans se gâter. Il est essentiel qu'il sèche rapidement, nécessitant parfois l'utilisation de séchoirs à air chaud quand il s'agit de gros volumes. Le grain sera plus susceptible d'être endommagé au décorticage si son taux d'humidité est supérieur à 28-30% ou inférieur à 15-18%.

Méthodes de décorticage du maïs

S'il est fait sans soin ou à un taux d'humidité du grain trop élevé, le décorticage peut endommager le grain: perte de la pointe de l'épi, craquelures, cassures et pulvérisation. Des études ont montré que les grains endommagés se gâtent deux à cinq fois plus rapidement à l'entreposage que les grains non-endommagés. Les variétés "hi-lysine" et autres types farineux sont plus susceptibles d'être endommagés. Méthodes et recommandations générales pour le décorticage du maïs :

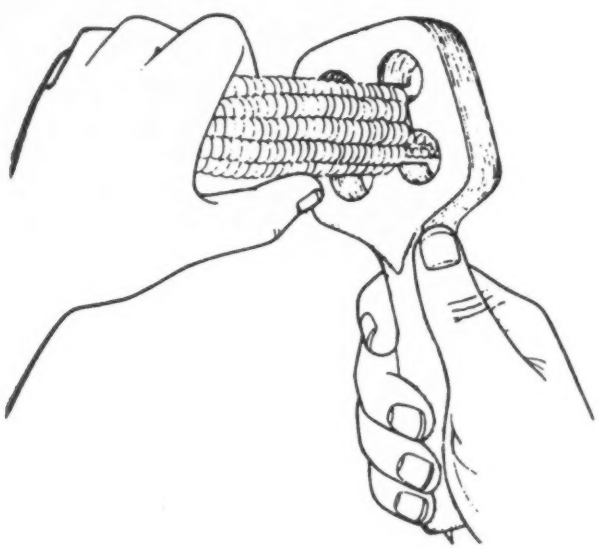
Méthodes traditionnelles

- Décorticage manuel : Cette méthode est très fastidieuse et nécessite une main-d'oeuvre importante, mais le grain sera peu endommagé. Le travail est mieux fait qu'avec d'autres méthodes et permet également d'éliminer les grains endommagés et infestés par les insectes. C'est la méthode convenant le mieux à de petites quantités.

- Battage : Les épis séchés sont placés dans des sacs et battus avec des bâtons. C'est une méthode plus rapide mais le travail est moins bien fait qu'avec un décorticage manuel et le grain peut être endommagé.

Méthodes améliorées

- Décortiqueuse manuelle en bois : Le modèle représenté ci-dessous a été mis au point par l'Institut pour les Produits Tropicaux et produit un rendement d'environ 80 kg/heure. (Des dessins de ce modèle sont disponibles auprès de l'ICE). Il existe d'autres modèles que l'on peut trouver dans le commerce. Les épis doivent d'abord être épluchés.



Décortiqueuse manuelle en bois.

- Décortiqueuses à manivelle ou à pédale : Les petits modèles à manivelle tournée à la main produisent un rendement d'environ 50 à 130 kg/heure. La décortiqueuse à double pédale fabriquée par Ransomes Cobmaster a un rendement horaire de 750 à 900 kg. Adresser toute demande de renseignements supplémentaires à Ransomes Ltd., Ipswich 1P3 9QG, Angleterre. Le maïs décortiqué ainsi et dont le taux d'humidité est trop élevé ou trop bas sera plus susceptible d'être endommagé, mais le contrôle se fait visuellement. Les épis doivent d'abord être épluchés.

- Décortiqueuses à moteur : Leur rendement est d'environ 1.000 à 5.000 kg/heure. Les avantages et inconvénients sont les mêmes que pour les décortiqueuses à manivelle ou à pédale.

Méthodes de vannage

Traditionnellement, le travail est fait par le vent, mais on peut aisément construire des ventilateurs à manivelle ou à pédale. Les plus grands modèles de décortiqueuses à manivelle ou à pédale sont généralement équipés de souffleurs.

Recommandations générales pour la récolte et le battage du sorgho et du millet

Comment déterminer la maturité

Quand il est cultivé dans des conditions favorables et avec une bonne gestion agricole, le sorgho à grain atteint sa maturité physiologique quand les tiges et la plupart des feuilles sont encore vertes. Comme le maïs, les grains de sorgho développent une "couche noire" à leur base quand ils atteignent leur maturité physiologique. On peut vérifier la présence de la couche noire en séparant quelques grains des bractées qui les rattachent à la tête pour examiner leur base.

Si la couche noire est présente, elle est visible sans qu'il soit besoin de couper le grain.

Les fleurs de sorgho sont pollinisées à partir du haut de la tête de l'épi vers le bas, un processus qui dure quatre à sept jours. Les grains mûrissent dans la même direction, ceux situés au bas de l'épi atteignant leur maturité une semaine après ceux du haut. Le taux d'humidité du grain est d'environ 30% quand il atteint sa maturité physiologique.

Méthodes de récolte du sorgho

- A la main : Les têtes sont coupées avec un couteau ou une faucille.
- A la machine : Des moissonneuses à traction mécanique ou à moteur peuvent moissonner et battre les variétés de petite taille (naines) et les variétés de taille moyenne.

Quand faut-il moissonner le sorgho?

Dans la plupart des régions où le sorgho est cultivé dans les pays en voie de développement, la maturité coïncide souvent avec le début de la saison sèche, et on peut laisser la récolte à sécher sur pied dans le champ pendant plusieurs semaines avant la moisson. Les pertes à la production peuvent être importantes au cours de cette période. Si des conditions sèches persistent, la récolte peut être moissonnée à la maturité ou très peu de temps après celle-ci, et le grain peut rester sur la plante sans qu'il ne risque trop de se gâter.

Le sorgho peut être moissonné et battu avec un combiné une fois que l'humidité du grain atteint 25%. Cependant, il faudra sécher un tel grain pour faire tomber son taux d'humidité à 14% dans un délai de quelques jours pour éviter qu'il ne se gâte. S'il s'agit de grosses quantités de grain, il faudra probablement utiliser un séchage à air chaud.

Méthodes de battage du sorgho

- Méthodes traditionnelles : Celles-ci comprennent le battage et le piétinement des animaux et elles sont très fastidieuses, sauf s'il s'agit de petites quantités. Il faudra faire attention à ne pas endommager le grain.

    - Méthodes mécanisées : Il existe un grand nombre de modèles de batteuses à moteur stationnaires ou tirées par un tracteur avec des rendements de l'ordre de 600 à 3.000 kg/heure. A l'exception des modèles extrèmement simples, elles nettoient toutes également le grain battu avec des tamis et/ou des ventilateurs-souffleurs.

      Les plans d'une batteuse-broyeuse à pédale conçue par la VITA et opérée par quatre personnes pour le battage du millet, du sorgho et du blé, sont disponibles auprès de l'ICE. En 1979, cette machine n'avait cependant pas encore été testée sur place de façon adéquate et elle ne convient pas à une fabrication artisanale locale.

      NOTE Le millet est moissonné et battu de la même façon que le sorgho.

Recommandations générales
pour le récolte et le battage
des arachides

Les arachides ont atteint leur maturité quand les nervures à l'intérieur des cosses prennent une couleur foncée. Cependant, les plantes produisant des fleurs sur une période de 30 à 45 jours, les cacahuètes ne mûrissent pas toutes en même temps. Malheureusement, il est impossible de retarder la cueillette pour attendre que toutes les cacahuètes soient mûres, de grosses pertes pouvant se produire et ce pour deux raisons :

- Quand les dernières cosses atteignent leur maturité, un grand nombre de celles qui sont mûres depuis un certain temps vont se détacher des plantes, car les pédoncules pourrissent. Cette "perte" des cosses peut être très grave, surtout si la tavelure Cercospora des feuilles entraîne une perte prématurée des feuilles ou si l'arrachage se fait quand le sol est dur et sec.

- Pour les variétés d'Espagne-Valence, les grains à maturité précoce peuvent germer s'ils restent trop longtemps dans le sol. Les types de Virginie ont une longue période végétative de la graine, ce qui empêche ce phénomène de se produire.

De la même façon, si la récolte se fait trop tôt, on aura une trop grande proportion de grains qui ne seront pas mûrs et seront rabougris, trop légers et de qualité inférieure au goût. Le choix de la date de récolte peut faire facilement une différence de 400-500 kg/ha sur une culture à haut rendement.

Comment déterminer la maturité optimale :
Il faudra que l'exploitant se prépare pour une date de récolte qui va couvrir le plus grand nombre de grains mûrs avant qu'une perte de cosses ou une germination excessives ne se produisent. On appelle cette date "la maturité optimale", et il n'existe aucune règle permettant de la déterminer aisément. Le calendrier floraison-formation des cosses-maturité du grain varie d'année en année, ceci étant dû aux différences de temps et à l'incidence de la tavelure des feuilles. Les 40 à 60 premières fleurs à s'épanouir sont généralement celles qui donneront des grains mûrs à maturité optimale. La floraison commence environ 30 à 45 jours après l'émergence des plantes dans les régions chaudes et démarre très lentement. En fait, la plus grande partie de ces 40 à 60 fleurs s'épanouissent généralement vers la fin de la période de floraison, bien qu'il puisse y avoir plusieurs petites séries d'éclosion des fleurs.

On ne peut pas déterminer la maturité optimale en examinant la partie des plantes située au-dessus du sol. La meilleure méthode consiste à déterrer avec soin quelques plantes sur une période de plusieurs jours en commençant vers la fin de la période de croissance pour pouvoir examiner les cosses. Avec une certaine expérience, l'exploitant pourra estimer de façon assez précise la quantité de jeunes cosses qui vont mûrir avant que les cosses mûres ne commencent à tomber ou à germer.

Comment minimiser les pertes à la production : La perte des cosses peut être réduite si les plantes restent bien vertes et saines jusqu'à ce qu'elles atteignent leur maturité. Cela requiert souvent la vaporisation ou l'application de poudres fongicides pour combattre la tavelure Cercospora des feuilles. Cela augmente également les rendements en prolongeant la période de croissance de deux à trois semaines. Certains exploitants peuvent cependant ne pas aimer avoir un feuillage vert et fourni au moment de la récolte, cela ralentissant le temps de séchage dans le champ quand les plantes sont entassées. Dans ce cas, les exploitants peuvent arrêter exprès les applications de fongicide tard dans la saison pour promouvoir la perte des feuilles. Cela a également pour effet de rendre la maturité plus uniforme, bien que les rendements en souffrent. Une telle pratique peut se justifier dans certaines régions, surtout là où il ne fait pas toujours sec pour le séchage dans le champ. D'un autre côté, les exploitants peuvent toujours utiliser les plantes feuillues pour nourrir le bétail une fois la récolte terminée.
(NOTE : Aux Etats-Unis, les services de vulgarisation déconseillent de donner le fourrage d'arachides au bêtes laitières ou au bétail élevé pour la viande s'il a été soumis à des applications de fongicides, sauf dans le cas de produits à base de cuivre ou de sulfate de cuivre).

Récolte des arachides

Que l'on utilise des méthodes traditionnelles ou des méthodes modernes, le processus consiste essentiellement en quatre étapes :

- Les racines pivotantes sont coupées et les plantes sont déterrées (arrachées) avec les cosses.
- Avec des méthodes traditionnelles, les plantes sont laissées à sécher dans le champ pendant 4 à 6 semaines avant d'être battues. Avec des méthodes

modernes, les plantes sont séchées dans le champ 2 à 14 jours, suivant qu'un séchage articifiel est utilisé par la suite ou non.

- Les cosses sont battues pour les séparer des plantes.
- Les cosses, une fois battues, sont mises en sacs pour être entreposées et parfois pour les faire davantage sécher. Dans les régions sèches, les cosses sont souvent entreposées à l'extérieur en tas.

Il faut remarquer que l'écossage des cacahuètes ne fait normalement pas partie du processus de la récolte, les grains secs séchant et se conservant mieux s'ils sont laissés dans les cosses. Les dégâts à l'écossage peuvent être importants, à moins que le taux d'humidité des grains se situe à 10% ou moins.

Arrachage des arachides :

- A la main : Les plantes sont arrachées manuellement après avoir bêché un peu la terre autour du pied de la plante. Il faudra environ 30 heures de travail pour déterrer et entasser un hectare de plantes avec cette méthode.
- Méthodes utilisant des machines à traction animale : Il existe des arracheuses à traction animale ; elles consistent en une lame horizontale aiguisée que l'on fait passer sous la plante juste au-dessous des cacahuètes pour couper les racines pivotantes, détacher la terre et arracher partiellement les plantes. On peut arracher et entasser un hectare de plantes en environ 15 heures. On peut utiliser une rasette de désherbage de 30 à 40 cm de largeur (se reporter au Chapitre 5) en faisant très attention, mais il faudra ajuster la lame pour qu'elle coupe la terre sans pousser celle-ci pour minimiser les pertes de cosses. Certains exploitants utilisent des charrues à versoir simple ou double sur des arachides plantées en buttes.
- Méthodes utilisant des machines à traction mécanique : On peut équiper un tracteur avec des barres coupantes sur le devant et des barres d'arrachage sur l'arrière pour arracher les plantes. Il n'est pas rare de voir des modèles pouvant travailler sur deux à quatre rangées à la fois, et certaines arracheuses combinent deux ou trois rangées en un seul andain pour le séchage. Il existe des machines renverseuses qui retournent la plante pour exposer les cacahuètes au soleil.

Recommandations générales pour procéder à l'arrachage

- Si les plantes sont arrachées quand le sol est trop humide, les pédoncules sont affaiblis. Une trop grosse quantité de terre va adhérer aux cosses, ce qui peut également ralentir le séchage.

- Les pertes à l'arrachage peuvent être élevées si le sol est dur et sec.

- Si l'on utilise des lames coupantes, il faudra s'assurer qu'elles sont bien aiguisées et réglées de façon à être légèrement inclinées vers l'avant pour arracher les plantes et fouiller la terre plus aisément.

Méthodes de séchage et de battage des arachides

La méthode et la durée de séchage avant le battage varient considérablement en fonction des conditions climatiques et de l'équipement disponible et dépendent également si l'on utilise ou non des méthodes de séchage artificiel. Les méthodes les plus communes sont les suivantes :

- La "mise en tas" : Cette méthode est utilisée par les exploitants disposant ou non d'équipement mécanisé dans les régions où le temps peut être humide et où des méthodes de séchage artificiel ne sont pas disponibles.

  On plante des piquets dans le sol et on cloue deux planchettes à angle droit sur chaque piquet à environ 50 cm du sol. Une fois fânées, les plantes sont entassées autour du piquet, les cosses dirigées vers le bas. Les planchettes maintiennent la couche du bas sans qu'elle soit en contact avec la terre et améliorent également la circulation de l'air. Le tas a une forme conique et son sommet est recouvert de quelques branches pour empêcher l'eau de pénétrer. Dans certains cas, on laisse les plantes en tas jusqu'à ce que l'humidité du grain descende à 8-10%. Cela peut prendre quatre à six semaines dans des conditions fraîches et humides.

  Si la récolte se fait au début de la saison sèche, on peut entasser les plantes directement sur la terre.

- Séchage en rangées ou en andains : Si l'on dispose de méthodes de séchage artificiel ou si l'on peut laisser les plantes sécher au soleil de façon efficace, on peut faire sécher les plantes dans le champ en rangées ou en andains

pendant une période de deux à cinq jours avant de les battre. Là où il est moins pratique de sécher après le battage, la période de séchage dure 7 à 14 jours environ pour que les cosses soient plus sèches au moment du battage.

Les andains peuvent être faits à la main ou avec un fauchet latéral (tiré par un tracteur) utilisé avec soin. Le principal avantage des andains est qu'ils permettent de gagner du temps quand on utilise des batteuses modernes à moteur.

On peut placer les plantes à l'envers pour exposer les cacahuètes au soleil. Cela permet de réduire l'endommagement de la récolte par temps humide, mais peut faire baisser la qualité dans des conditions chaudes et ensoleillées. Avec des andains trop compactes et trop denses, le temps de séchage ainsi que l'endommagement de la récolte vont être plus importants dans des conditions d'humidité. Après de grosses pluies, il faudra peut-être retourner l'endain avec soin pour empêcher les moisissures. Cela devra se faire avant qu'il ne sèche complètement pour minimiser la perte de cosses. Eviter de placer des andains sur les parties creuses du champ.

Méthodes de battage

- Méthodes traditionnelles : On peut battre les arachides à la main en cueillant les cosses ou en tapant la base des plantes (au-dessus des cosses) sur le côté d'un barril ou d'une boîte en bois.

- Méthodes améliorées : Il existe une batteuse à manivelle disponible dans le commerce au Sénégal dont le rendement est de l'ordre de 200 kg/heure.

  Il existe également des batteuses stationnaires à moteur. Sur les exploitations modernes, des batteuses à traction mécanique ou à moteur sont utilisées qui ramassent les plantes directement à partir des andains.

Recommandations générales pour le battage

- On peut battre les arachides une fois que les plantes sont arrachées tant que l'on dispose de méthodes de séchage naturel ou artificiel adéquates (dans le cas de cacahuètes dont le taux d'humidité est élevé). Un séchage supplémentaire sera nécessaire après le battage pour les arachides dont le taux d'humidé est supérieur à 10% si elles sont destinées à un entreposage en gros et pour les arachides dont le taux d'humidité ets supérieur à 16% si elles sont destinées à être entreposées dans des sacs empilés sans être tassés avec une bonne ventilation. Le

taux d'humidité des arachides au moment de l'arrachage peut être supérieur à 35%.

- Conseils pour un battage mécanisé : L'endommagement et l'éclatement des cosses seront moins importants si les arachides sont battues quand leur taux d'humidité est de l'ordre de 25-35%. Si on laisse les plantes arrachées sécher plus longtemps dans le champ, le séchage après le battage sera moins nécessaire, mais cela va augmenter les risques reposant sur les conditions climatiques. A moins que les tiges ne soient suffisamment sèches pour pouvoir être aisément cassées, un battage vigoureux sera nécessaire, ce qui va augmenter le risque d'endommagement.

Décorticage des arachides

Généralement, on ne décortique les arachides que juste avant leur consommation ou l'extraction de l'huile. Le pourcentage de cosses est d'environ 68% (1.000 kg d'arachides non-décortiquées produisent environ 680 kg de cacahuètes décortiquées), et ce processus est plus facile quand l'humidité du grain est inférieure à 10%. Un décorticage manuel est très fastidieux et le rendement n'est que d'environ 10-20 kg par jour. Il existe divers modèles d'écosseuses à manivelle ou à pédale disponibles dans le commerce avec des rendements de l'ordre de 15 à 90 kg/heure. Le VITA a mis au point une écosseuse actionnée par courroie et construite à partir de pièces de moteurs de récupération dont les plans sont disponibles auprès de l'ICE ; elle requiert un soudage et un cimentage simples. L'alimentation peut se faire à partir d'une roue à aubes, d'un petit moteur ou par traction animale.

Recommandations générales pour la récolte et le battage des haricots et des doliques

Comment déterminer la maturité

Au cours des derniers stades de la croissance, les

cosses jaunissent ; quand elles ont atteint leur maturité, elles sont brunes et cassantes. Pour les variétés buissonnantes déterminées et certaines variétés indéterminées, la maturité des cosses est relativement uniforme, et les plantes ont généralement perdu la plus grande partie de leurs feuilles quand les cosses ont atteint leur maturité. La plupart des types grimpants indéterminés parviennent à maturité de façon moins uniforme, et un grand nombre de cosses peuvent mûrir quand la plus grande partie des feuilles sont encore vertes. Le taux d'humidité de la graine est d'environ 30-40% à sa maturité physiologique.

Quand faut-il procéder à la cueillette?

Les variétés indéterminées à maturité non-uniforme sont généralement récoltées en plusieurs cueillettes, tandis que les types buissonnants déterminés sont récoltés en une seule fois quand la plus grande partie des cosses sont sèches.

Méthodes pour la récolte

Les méthodes suivantes s'appliquent aux variétés buissonnantes ou semi-grimpantes à maturité uniforme :

- A la main : On arrache les plantes mûres et on les met en tas pour les faire sécher. Il est préférable de procéder à l'arrachage tôt le matin quand les cosses sont humides pour éviter qu'elles n'éclatent.

- Récolte mécanisée : On utilise deux méthodes principales. On coupe ou on "fait glisser" les plantes de la terre avec un tracteur équipé à l'avant de lames horizontales et peu coupantes ou de disques rotatifs opérés juste au-dessous de la surface du sol. On combine plusieurs rangées en un andain avec un fauchet latéral qui peut être monté à l'arrière derrière les coupoirs. On laisse les nadains sécher pendant 5 à 10 jours avant de procéder au battage avec une batteuse à traction mécanisée ou à moteur.

Des méthodes de récolte directe sont très utilisées aux Etats-Unis et au Canada ; on utilise des combinés pour céréales avec certaines modifications.

Méthode de battage des haricots

On peut battre les haricots à la main on tapant sur les plantes ou les cosses mises en sac avec des bâtons une fois qu'elles sont suffisamment sèches. Quelque soit la méthode utilisée, le grain du haricot peut être aisément endommagé si le battage est trop vigoureux ou s'il se fait quand les cosses sont trop sèches. Si on plante un grain endommagé, il va produire des plantes faibles et chétives et d'autres difformités. (Se reporter au Chapitre 6 à la section traitant des maladies des haricots).

Vannage des haricots : Se reporter au vannage du maïs.

SECHAGE ET ENTREPOSAGE

Le séchage et l'entreposage du grain sont des sujets très vastes qu'il est impossible de traiter de façon complète dans ce manuel. Nous allons présenter brièvement certains des principes et méthodes les plus importants. On trouvera des informations plus détaillées dans les références dont la liste est situé dans la bibliographie.

Séchage

Un grain très humide va se détériorer et se gâter pendant l'entreposage, et ce pour deux raisons :

- Les graines, puisqu'elles sont vivantes, consomment de l'oxygène et consument une certaine partie des réserves nutritives situées dans l'endosperme pour obtenir l'énergie dont elles ont besoin. Ce processus de respiration produit de la chaleur, mais il est trop lent pour constituer un sujet d'inquiétude en ce qui concerne le grain sec. Cependant, l'humidité va accélérer rapidement la respiration et la production de chaleur et l'humidité combinée à la chaleur vont promouvoir la croissance de moisissures et la spoliation d'un grain humide.

- Quand le grain est chaud et humide, les insectes d'entreposage comme le charançon deviennent plus actifs et se multiplient plus rapidement. Ils produisent également

de la chaleur et rajoutent à l'humidité, ce qui augmente encore plus la croissance de moisissures.

NOTE : Certaines moisissures d'entreposage produisent des toxines appelées mycotoxines qui sont dangereuses pour les hommes et les animaux, l'aflatoxine par exemple. Tous les grains de céréales et de légumineuses leur sont vulnérables s'ils ne sont pas suffisamment séchés ou s'ils ne sont pas bien entreposés, surtout les arachides.

Heureusement, les exploitants n'ont pas lieu de sécher leur grain pour atteindre un taux d'humidité de 0%, puisqu'il peut tolérer environ 12-30% d'humidité selon le type et la forme d'entreposage (en épis ou en grain), la façon dont il est entreposé (en sacs ou en coffres), et la température et l'humidité ambiantes. La plupart du grain entreposé en gros a un taux d'humidité de l'ordre de 12-15% au moment de sa commercialisation ou avant son traitement pour la consommation, et le rendement à la production d'une culture est généralement calculé sur la base d'un taux d'humidité de 14%. En fait, il existe plusieurs inconvénients à sécher le grain quand son taux d'humidité est inférieur à un pourcentage de cet ordre. Quand le grain est vendu au poids, un séchage trop poussé va faire diminuer le profit de l'exploitant à la vente. C'est également onéreux si l'on utilise des méthodes de séchage artificiel et un séchage trop poussé va entraîner l'éclatement, la décoloration et une mauvaise germination du grain.

Recommandations générales relatives aux taux d'humidité du grain pour un entreposage sans risques

Maïs, sorgho, millet

- Entreposage sous forme de grain : Le grain, une fois battu, peut être entreposé sans risques en silos ou en coffres sur une période pouvant aller jusqu'à un an, à 30°C et une humidité relative de 70% si l'humidité du grain ne dépasse pas 13-13,5% pour le maïs et le sorgho, et 16% pour le millet. Le maïs et le sorgho en sacs

peuvent être entreposés à un taux d'humidité du grain pouvant aller jusqu'à 15%, la ventilation étant bien meilleure.

- Entreposage sous forme d'épis : Les épis de maïs épluchés peuvent être conservés sans risques dans des coffres où ils vont pouvoir continuer à sécher, avec un taux d'humidité du grain qui peut aller jusqu'à 30% si tous les épis ont 30 cm d'air autour d'eux. Les épis de sorgho et de millet peuvent également être entreposés sans risques et séchés pour faire baisser leur taux d'humidité s'ils sont conservés en petits tas ou suspendus à des poutres.

Arachides

Pour entreposer sans risques des cosses en vrac, l'humidité du grain ne devra pas dépasser 10%. Les cosses peuvent être conservées dans des sacs sans danger avec un taux d'humidité du grain pouvant aller jusqu'à 16% et elles sécheront de façon adéquate si les sacs sont empilés sans être tassés, tant que la ventilation est suffisante. Sinon, il faudra utiliser des souffleries.

Haricots et doliques

Le grain battu entreposé en coffres ou en silos de devra pas avoir une humidité supérieure à 13%. Le grain en sacs peut être entreposé sans risques avec une humidité du grain pouvant aller jusuq'à 15%. Les cosses non-battues peuvent être conservées à un taux d'humidité du grain bien plus élevé et pourront bien sécher si la ventilation est adéquate.

Comment déterminer le taux d'humidité du grain

Il faudra toujours calculer le taux d'humidité du grain sur la base de son poids sec. En d'autres termes, 100 kg de

maïs avec un taux d'humidité du grain de 15% contiennent 15 kg d'eau et 85 kg de matière sèche. Il existe plusieurs façons de calculer l'humidité du grain et certaines sont faciles à faire sur l'exploitation avec un équipement minimal :

Avec du sel et une bouteille : Cette méthode facile et rapide est précise à 0,5% mais elle n'indiquera seulement que si le grain a un taux d'humidité supérieur ou inférieur à 15%, ce qui constitue la limite maximale pour l'entreposage en sacs du maïs et du sorgho.

- Sécher soigneusement une bouteille d'environ 100 ml et la remplir aux trois-quarts de maïs.
- Ajouter 5-10 cuillerées à café de sel de cuisine séché au four, fermer la bouteille hermétiquement avec un couvercle ou un bouchon sec, et la secouer pendant plusieurs minutes. Si le sel colle aux parois de la bouteille, l'humidité du grain est supérieure à 15%.

Au four : Sécher au four un échantillon de grain dont on connait le poids pendant une heure ou deux à 130°C s'il est moulu ou à 100°C s'il est entier. Après l'avoir repesé, on peut calculer comme suit son taux d'humidité (couvrir le grain pour éviter qu'il ne réabsorbe de l'humidité une fois refroidi):

$$\%\ \text{d'humidité de l'échantillon initial} = \frac{\text{poids humide - poids sec}}{\text{poids net}}$$

On peut tester le grain en mordant dedans, en le pinçant, en le secouant ou en le tâtant : La plupart des exploitants utilisent de telles méthodes pour estimer l'humidité du grain avec plus ou moins de succès, selon leur expérience. Il ne faudra pas trop compter sur la précision de telles méthodes quand l'exactitude de cette mesure est importante, comme c'est le cas pour le grain entreposé en vrac (en coffres ou en silos).

Comment estimer le poids final du grain après le séchage

$$\text{Poids final du grain après le séchage} = \frac{\text{\% de matière sèche avant le séchage}}{\text{\% de matière sèche après le séchage}} \times \text{poids initial}$$

Exemple : Un exploitant dispose de 2.000 kg de maïs égrené à un taux d'humidité du grain de 20%. Quel sera le poids de cette quantité de maïs une fois séché et que son taux d'humidité est de 14%?

Solution : Pour obtenir le pourcentage de matière sèche nécessaire à l'application de la formule, soustraire le taux d'humidité du grain de 100 %, puis utiliser la formule.

$$\text{Poids final du grain après le séchage} = \frac{80\%}{86\%} \times 2.000 \text{ kg} = 1.860 \text{ kg de grain une fois que son taux d'humidité est descendu à 14\%}$$

Quelques principes importants relatifs au séchage du grain

- L'air chaud, sec et en circulation encourage un séchage plus rapide permettant de faire diminuer davantage le taux d'humidité que l'air frais, humide qui ne circule pas. En fait, si l'air est trop humide le grain peut commencer à absorber l'humidité.
- La circulation de l'air autour du grain et le taux d'humidité de l'air (humidité relative) sont les facteurs ayant le plus d'incidence sur le séchage. Plus l'humidité relative de l'air est faible, plus il pourra absorber l'humidité du grain.
- L'air chaud retient l'humidité beaucoup mieux que l'air frais. Cela signifie que l'air chaud absorbe mieux l'humidité du grain que l'air frais quand l'humidité relative est faible.

- L'apport supplémentaire de chaleur provenant soit du soleil soit d'une source calorifère peut être nécessaire pour améliorer le séchage par air frais s'il est très humide (c'est-à-dire si son humidité relative est élevée). Pour chaque augmentation de 0,55°C de température, l'humidité relative de l'air chauffé diminue d'environ 2%.

- La rapidité de séchage ralentit au fur et à mesure que le taux d'humidité du grain diminue, puisqu'il va se débarrasser de l'humidité restante moins facilement. A moins que l'air ne soit très chaud et très sec, on va parvenir à un seuil au-delà duquel le grain ne va plus sécher. C'est ce qu'on appelle l'équilibre du taux d'humidité.

Méthodes de séchage

- Le séchage traditionnel au soleil est la méthode la plus communément utilisée par les exploitants et consiste à étaler le grain sur le sol en une couche peu épaisse pour l'exposer au soleil. Selon le temps, l'épaisseur de la couche et le brassage du grain, les résultats sont plus ou moins satisfaisants. Les inconvénients sont une mauvaise circulation de l'air, l'apport de poussière et de cailloux et l'absorption de l'humidité du sol. Le manuel du PC/ICE Entreposage du Grain pour les Petites Exploitations recommande certaines améliorations générales à apporter à ce système.

  Un séchage se faisant par chaleur solaire mais à l'intérieur réduit le temps de séchage au soleil, ne requiert aucune dépense de combustible et peut être utiliser pour d'autres produits agricoles comme le manioc, le copra, les fruits et les légumes. Cependant, les températures extrèmement élevées (65-80°C) qui peuvent s'accumuler sous une feuille de plastique ou de verre peuvent endommager le grain ou affecter sa germination. Un séchage solaire peut ne pas faire sécher le grain suffisamment rapidement s'il se fait dans des conditions très nuageuses (se reporter aux références de la bibliographie contenant des plans de séchoirs solaires).

- Séchage utilisant un combustible et/ou un air chaud soufflé : De telles méthodes de séchage sont utilisées pour de grandes quantités de grain. Pour un petit exploitant, elles peuvent ne pas être faisables. Cependant, ce procédé peut se justifier s'il se fait en coopérative et il peut présenter plusieurs avantages :

- Les exploitants peuvent procéder à la récolte plus tôt quand le taux d'humidité du grain est plus élevé pour éviter les pertes résultant d'un séchage naturel dans le champ. Une récolte précoce permet également de pouvoir préparer et planter plus tôt la récolte suivante.

- Le taux d'humidité du grain peut être plus faible : son entreposage peut se faire avec un risque moins grand et sa conservation dans de meilleures conditions. Sa valeur marchande peut également s'en trouver améliorée.

D'un autre côté, les coûts de construction et de combustible peuvent contrebalancer ces avantages. Il faudra analyser soigneusement ces facteurs avant de décider de construire ou d'acheter de tels séchoirs.

Recommandations générales-températures de séchage du grain

Une température de séchage excessive va entraîner la craquelure, la cassure et la décoloration des grains et faire également baisser leur qualité germinative et protéique. Les arachides peuvent devenir amères si elles sont séchées à des températures supérieures à 32-35°C, et un séchage excessif va augmenter le risque d'éclatement et de perte de la peau au moment de l'écalage. Les haricots bénéficieront également d'un séchage à température basse.

Les températures maximales pour obtenir un séchage sans risques dépendent de la récolte et de son utilisation :

Récolte et son utilisation	Températures maximales pour un séchage sans risques
Consommation animale	75°C
Céréales destinées à la consommation humaine à l'exception du riz	60°C
Mouture (farine)	60°C
Utilisations en brasserie	45°C
Semences	45°C
Riz pour la consommation alimentaire	45°C
Haricots pour la consommation alimentaire	35°C
Arachides	35°C

Entreposage

On estime que les pertes de grain à l'entreposage causées par les dégâts de moisissures, d'insectes et de rongeurs sont de l'ordre de 30% au niveau mondial. Les petits exploitants sont particulièrement touchés, leurs méthodes traditionnelles d'entreposage étant souvent inadéquates pour assurer la protection de leur récolte. Dans un grand nombre de cas, les exploitants peuvent se voir obliger de vendre une grande partie de leur grain peu de temps après la récolte à un prix bas plutôt que de risquer qu'il se ne gâte. Quelques mois plus tard, ils peuvent avoir à le racheter à un prix beaucoup plus élevé. En améliorant leurs installations d'entreposage, les exploitants assurent l'alimentation de leur famille, des prix plus stables et une meilleure qualité de la graine de semence. Les programmes d'amélioration agricole devront mettre en priorité la dimension et la sûreté des installations d'entreposage en prévision de l'augmentation de la production agricole.

Principes d'un entreposage sans risques

- Le grain devra être séché de façon adéquate avant d'être entreposé, bien que le maïs et d'autres récoltes entreposées sous forme d'épis ou de cosses puissent souvent être entreposés et séchés au même moment sur clayettes ou en tas.

- Un grain vanné et non-endommagé va pouvoir être entreposé beaucoup plus longtemps. Un grain non-nettoyé réduit la circulation de l'air ; les poussières et la menue paille retiennent l'humidité et favorisent la formation de moisissures et l'attaque des insectes. Un grain endommagé se détériore deux à cinq fois plus vite qu'un grain qui ne l'est pas.

- Il faudra conserver le grain à des températures aussi fraîches que possible et le protéger des fluctuations de températures extérieures qui favorisent la condensation et l'accumulation d'humidité à l'intérieur du bac.

- Il faudra protéger le grain des insectes et rongeurs.
- Les bacs et les bâtiments devront être imperméabilisés et isolés des eaux du sol.
- Le grain nouveau devra être conservé séparément du grain plus âgé.
- Il faudra utiliser en premier le grain moins nouveau.
- Il faudra vérifier la condition du grain toutes les deux ou trois semaines pour détecter des signes de chaleur ou la présence d'insectes.

Méthodes traditionnelles d'entreposage

Si la production d'un exploitant est petite, elle est souvent entreposée dans l'habitation familiale. Les épis de maïs sont souvent suspendus à des poutres dans le coin de préparation des repas, la fumée chassant les insectes. On utilise également souvent des vases en terre, des paniers aérés et des calebasses. Ces méthodes suffisent pour de petites quantités de grain, mais elles ne conviennent pas à des quantités plus importantes.

Entreposage amélioré

Le manuel du PC/ICE Entreposage du Grain sur des Petites Exploitations contient des détails de construction et des recommandations générales pour l'amélioration de nombreuses méthodes d'entreposage. Les points principaux en sont résumés dans la section suivante.

L'entreposage en sacs de canevas, de coton ou en sacs tissés à partir de fibres locales ne protègent pas beaucoup le grain contre les rongeurs, les insectes ou l'humidité. Cependant, des sacs sont faciles à étiqueter et à déplacer, et le grain peut être entreposé à un taux d'humidité d'environ 2% plus élevé qu'il n'est nécessaire pour un entreposage hermétique (c'est-à-dire 15% par rapport à 13%). Pour entreposer en sacs :

- Les murs et le toit du bâtiment d'entreposage devront être protégés contre l'infiltration de l'eau.
- Les sacs devront être entassés sur des plate-formes surélevées ou sur une feuille de plastique. Il ne faudra

pas les appuyer directement contre les murs.

- Il faudra empiler les sacs de manière à favoriser une bonne circulation de l'air.
- Le bâtiment devra être protégé des insectes et des rongeurs.
- Il faudra vaporiser ou fumiger les sacs à l'insecticide, mais seulement si le grain n'est pas destiné à la consommation alimentaire des animaux ou des hommes (grains de semence).

Des silos et des coffres en tôle métallique, en briques de terre, en parpaings ou en ciment avec des douves de métal peuvent être construits pour contenir 500 à 4.500 kg de grain sec battu. On peut en construire certains pour qu'ils soient pratiquement hermétiques. Cependant, toutes les fois où le grain sera entreposé dans de telles quantités, il faudra faire davantage attention à ce qu'il soit bien sec. A moins qu'ils ne soient bien isolés, les récipients devront être conservés à l'ombre pour empêcher de grosses variations de températures qui entraînent la migration de l'humidité, la condensation et la détérioration du grain dans la partie supérieure et inférieure du récipient.

Un entreposage hermétique dans des calebasses scellées, des fosses creusées dans le sol, des sacs de plastique, des barrils et des coffres assurent une excellente protection contre les insectes et empêche également le grain de ré-absorber l'humidité de l'air extérieur. L'air présent dans le récipient quand il est scellé est rapidement utilisé par la respiration du grain et les insectes qui peuvent déjà être présents. Pour un bon entreposage dans des récipients hermétiques :

- Le taux d'humidité du grain ne devra pas dépasser 12-13%.
- Les récipients devront être scellés de façon hermétique avec du métal, du plastique, du ciment (avec une barrière protégeant des vapeurs) ou un matériau d'isolation comme du goudron, une peinture à

l'huile ou de la poix.

- Il faudra remplir les récipients jusqu'au bord pour qu'il y ait aussi peu d'air que possible avant de les sceller.
- Il ne faudra pas entreposer le grain dans des récipients hermétiques si on a à les ouvrir fréquemment, puisqu'on va rajouter de l'air, ce qui rendra ce système inefficace contre les insectes.
- Les récipients, surtout ceux en métal, devront être conservés à l'ombre pour empêcher la consensation et la migration de l'humidité.

Entreposage en coffres : Se reporter à la section traitant des méthodes de séchage.

Protection du grain entreposé contre les insectes

Les charançons et les doryphores du grain se nourrissent du grain au stade adulte aussi bien qu'au stade larvaire. De plus, les larves de plusieurs types de papillons s'attaquent aux graines. Mis à part les pertes réelles (le grain mangé par les insectes), ils favorisent la formation de moisissures et la spoliation du grain en rajoutant à l'humidité et en faisant monter la température. Une manifestation importante peut faire augmenter l'humidité du grain de 5-10% dans l'espace de quelques mois. Même si le grain ne se gâte pas, il peut perdre de sa commerciabilité s'il est contaminé par des insectes ou si ceux-ci ont causé des dégâts.

Le grain peut se trouver infesté dans le champ aussi bien qu'à l'entreposage. Certains insectes s'attaquant au grain entreposé, comme le charançon du maïs, le charançon du riz et l'angoumis du grain qui s'attaquent aux céréales et la bruche, qui s'attaque aux légumineuses, sont des insectes ailés et peuvent aller infester le grain dans le champ. Ces insectes, ainsi que d'autres types, peuvent également commencer à s'attaquer au grain à l'entreposage. Les insectes adultes

pondent leurs oeufs sur ou dans le grain, et les larves vident les graines en se développant.

Facteurs favorisant l'infestation des insectes

- Température : C'est le facteur le plus important. Avec une température passant de 10°C à 26°C, l'activité des insectes d'entreposage augmente et leur cycle de vie passe de huit à trois semaines. A une température optimale, 50 insectes peuvent en théorie se multiplier pour atteindre 302 millions en quatre mois! Leur activité et leur reproduction se ralentissent considérablement à des températures inférieures à 10°C et supérieures à 35°C, et ils vont mourir à des températures au-dessous de 5°C ou au-dessus de 59°C.

- Humidité : Les insectes d'entreposage préfèrent un grain pas trop sec, mais ils peuvent qund même causer de sérieux dégâts dans un grain séché à 12-13%. Il faudra que l'humidité du grain soit de 9°C ou au-dessous pour stopper leur activité, et un tel degré de sécheresse est difficile à atteindre et à maintenir.

- Méthodes d'entreposage : En entreposant un grain nouveau près d'un grain qui l'est moins ou en utilisant des installations d'entreposage ou des sacs qui n'ont pas été désinfectés, on va favoriser l'infestation des insectes.

Types d'insectes d'entreposage et comment les identifier

Il sera utile de pouvoir identifier avec précision les types d'insectes s'attaquant au grain d'un exploitant, et ce pour trois raisons :

- Tous les insectes que l'on va trouver dans le grain ne sont pas forcément très nuisibles. D'un autre côté, si les dégâts ne sont pas visibles, cela ne signifie pas nécessairement que les insectes ne causent pas de dégâts, ou qu'ils ne sont pas très nuisibles, puisqu'il faudra parfois attendre plusieurs semaines avant que les dégâts ne soient visibles.

- Bien que les mesures de contrôle soient relativement similaires pour la plupart des insectes d'entreposage, elles peuvent varier quelque peu.

- Certains insectes d'entreposage sont considérés comme secondaires et terciaires, puisqu'ils se nourrissent principalement du grain cassé ou déjà endommagé par les insectes parasitaires primaires. La présence de

ces insectes parasitaires non-primaires indique souvent la présence d'insectes plus nuisibles.

Le manuel Entreposage du Grain sur les Petites Exploitations contient un guide très complet permettant d'identifier les insectes parasitaires des céréales ; le guide Insectes Parasitaires mentionné dans la bibliographie contient des images des insectes d'entreposage s'attaquant aux céréales aussi bien qu'aux légumineuses.

Examiner régulièrement le grain pour détecter l'infestation

Il est important de détecter l'infestation aussi tôt que possible pour éviter de grosses pertes potentielles. Le grain entreposé devra être examiné soigneusement toutes les deux ou trois semaines pour détecter tout signe d'infestation par les insectes. La présence de trous dans les graines, des détritus en forme de toile d'araignée sur des sacs ou sur des épis de maïs constituent des signes certains d'infestation. Quand il procède à un relevé d'échantillon, l'exploitant devra examiner les grains provenant d'un peu partout dans le sac ou le récipient d'entreposage, car les infestations se développent et se propagent souvent à partir de points très localisés ou "points chauds" où la température et l'humidité sont très élevées.

Lutte contre les insectes s'attaquant au grain entreposé

Il est important de détecter l'infestation aussi tôt que possible pour éviter de grosses pertes potentielles. Le grain entreposé devra être examiné soigneusement toutes les deux ou trois semaines pour détecter tout signe d'infestation par les insectes. La présence de trous dans les graines, des détritus en forme de toile d'araignée sur des sacs ou sur des épis de maïs constituent des signes certains d'infestation. Quand il procède à un relevé d'échantillon, l'exploitant devra examiner les grains provenant d'un peu partout dans le sac ou le récipient d'entreposage, car les infestations se développent et se propagent souvent à partir de points très localisés ou "points chauds" où la température et l'humidité sont très

élevées.

Le manuel Entreposage du Grain sur les Petites Exploitations contient une section traitant en détail des mesures de contrôle chimiques et non-chimiques pour lutter contre les insectes s'attaquant au grain entreposé. On va en trouver ici un bref résumé ainsi que des renseignements supplémentaires provenant d'autres sources.

Recommandations générales de traitement du grain avant l'entreposage

- Il faudra s'assurer que le grain est bien sec et nettoyé.
- Nettoyer et réparer les installations d'entreposage. Cecla comprend un balayage du grain plus ancien et des détritus, le bouchage de tous les trous et fissures où les insectes peuvent se réfugier ou qui peuvent laisser pénétrer l'humidité.
- Vaporiser ou poudrer les installations avec un insecticide approuvé (ce sujet est traité plus en détail plus loin).
- Désinfecter les sacs à grain qui ont déjà servi avant de les remplir en les faisant bouillir, en les vaporisant avec un insecticide approuvé ou en les plaçant sur un toit chaud en tôle ondulée.

Mesures de contrôle non-chimiques des insectes d'entreposage

- Epis non-épluchés : L'entreposage du maïs sous forme d'épis non-épluchés constitue une mesure de contrôle relativement efficace.
- Mettre le grain au soleil : Les charançons et les doryphores quittent le grain si celui-ci est placé au soleil en couche peu épaisse. Cependant, cette méthode ne va généralement pas faire mourir tous les oeufs et les larves situés à l'intérieur des grains.
- Fumage du grain : La fumée d'un feu construit sous une plate-forme ou un coffre où le maïs est entreposé, ainsi que la chaleur émise par celui-ci, peuvent faire mourir les insectes.
- Mélange des produits de contrôle au grain : L'efficacité de cette méthode dépend du produit utilisé, mais elle peut être bonne dans certains cas.

- L'utilisation de sable, de bouse de vache brûlée, de cendres de bois et de chaux peut donner des résultats variables. Le sable empêche l'air de pénétrer en bouchant tous les espaces libres. En se frottant à la carapace des insectes, il entraîne leur déshydratation et les fait mourir si le grain est déjà très sec (9-10% d'humidité). Les autres produits peuvent avoir certaines propriétés insecticides. Le CIAT a découvert qu'en ajoutant des cendres de bois aux graines de haricots à raison d'une mesure de cendres pour trois mesures de haricots, on réduisait la présence de charançons d'environ 80% si la cendre était rajoutée avant que les insectes ne fassent leur apparition. L'utilisation de chaux éteinte (hydrate de calcium) ou de chaux brûlée (oxyde de calcium) rajoutée à raison de 4-8 mesures pour 100 constitue également une méthode assez efficace (ces deux types de chaux sont caustiques).

- Plantes : Dans certaines régions, il existe des plantes dont les propriétés insecticides sont reconnues et que l'on mélange au grain.

- Huile végétale : L'huile d'arachides, de sésame, de noix de coco, de graine de coton et de graines de moutarde ont assuré une excellente protection contre l'infestation des bruches des haricots et des doliques, ajoutée à raison de 0,5 à 1% (5-10 ml par kilo de graines). La protection de l'huile peut durer six mois et n'affecte pas l'apparence physique du grain qui l'absorbe.

- Entreposage en récipients hermétiques : Se reporter à la section traitant des méthodes d'entreposage.

Mesures de contrôle chimiques des insectes d'entreposage

Pour le grain que l'on n'entrepose que pour quelques semaines ou même sur deux à trois mois, l'utilisation d'insecticides peut ne pas se justifier. Cependant, le meilleur moment pour traiter le grain est au moment-même de l'entreposage, avant qu'une infestation ne puisse prendre de sérieuses proportions.

ATTENTION! : Certains insecticides, comme le Malathion, le Lindane, l'Actellic et la Pyréthrine peuvent être mélangés directement au grain destiné à la consommation alimentaire sans danger ou sans laisser de résidus s'ils sont utilisés correctement. Un grand nombre d'autres insecticides rendraient le grain très toxique et impropres à la consommation. Un grand

nombre d'exploitants ne connaissent pas la différence et peuvent en fait faire référence à tous les insecticides sous un seul nom, comme le "DDT".

Où peut-on se procurer des recommandations d'utilisation?
Le manuel Entreposage du Grain sur les Petites Exploitations donne des recommandations pour le traitement du grain et des installations d'entreposage. Cependant, les insectes qui s'attaquent au grain entreposé varient dans leur vulnérabilité à divers insecticides et la résistance au Lindane et au Malathion constitue maintenant un problème dans un grand nombre de régions. L'Actellic (pirimiphos-méthyle) est un produit plus récent qui s'avère très efficace. Deux autres sources de renseignements sur la lutte contre les insectes d'entreposage :

Centre Africain pour l'Entreposage Agricole
IITA
PMB 5320
Ibadan, Nigéria

Institut pour les Produits Tropicaux Entreposés
London Road
Slogh SL3 7HL
Bucks, Angleterre

LUTTE CONTRE LES RONGEURS S'ATTAQUANT AU GRAIN ENTREPOSE

Le manuel Entreposage du Grain sur les Petites Exploitations contient une section traitant en détail de la lutte contre les rongeurs.

LEÇONS A TIRER
DE LA "REVOLUTION VERTE"

La "Révolution Verte" des années 60 et 70 constitue la seule tentative vraiment organisée pour mettre au point des méthodes permettant une maélioration du rendement à la production de récoltes vivrières dans le monde en voie de développement. La majorité des efforts de la Révolution Verte se sont concentrés sur un certain nombre de céréales, particulièrement le blé, le riz et le maïs.

Une attention particulière a été donnée à la mise au point de variétés à paille courte de blé, de riz et de maïs qui puissent bien réagir à des taux importants d'engrais, d'azote surtout , sans souffrir de la verse.

Le terme de "révolution" ne s'applique pas vraiment ; il aura fallu presque deux décennies de travaux de recherche sur la mise au point de variétés et de recherche sur leur adaptation locale pour que de nouvelles variétés de blé et de riz soient prêtes à être introduites à grande échelle en Inde et au Pakistan. L'origine du projet remonte en fait à des programmes de mise au point d'espèces de blé et de maïs au Mexique dans les années 40 et à des travaux similaires sur le riz aux Philippines.

Avec l'aide complémentaire de méthodes combinées d'amélioration comprenant des facteurs comme l'utilisation d'engrais, la lutte contre les animaux nuisibles et la densité de plantation, les nouvelles variétés ont été adoptées dans un grand nombre de pays en voie de développement. En 1972-73, on avait planté des variétés à hauts rendements de blé et de riz sur quelque 33 millions d'hectares en Afrique et en Asie. Les rendements moyens en riz montraient une augmentation d'environ 100% comparés avec ceux des variétés traditionnelles.

En dépit des ces augmentations, l'efficacité de la Révolution Verte à surmonter la pauvreté et la famine rurales

dans le monde en voie de développement constitue le sujet de débats animés qui pourraient en eux-mêmes faire l'objet d'un manuel. Il ne fait aucun doute que la Révolution a été le principal facteur des progrès accomplis dans la production vivrière d'un grand nombre de pays en voie de développement au cours des 15-20 dernières années et qu'elle a posé des bases solides pour des travaux supplémentaires de recherche agricole dans ces régions. Elle a été menée avec un esprit d'humanitarisme et de coopération apolitique internationale dont il faut se féliciter.

D'un autre côté, elle ne s'est pas avérée être la panacée qu'on espérait, et ce pour plusieurs raisons :

- L'ensemble des méthodes agricoles utilisant les variétés à haut rendement (HYV) mises au point nécessitait des apports extérieurs assez importants (engrais, pesticides et, dans certains cas, des pompes d'irrigation) et investissements. Elle passait au-dessus des petits exploitants, initialement en tous cas, cela étant dû à des lacunes dans l'infrastructure qui rendaient difficile pour les petits exploitations d'obtenir du crédit et de l'aide extérieure. Si des provisions spéciales n'étaient pas faites pour que les petits exploitants puissent obtenir le crédit dont ils avaient besoin, les prêts favorisaient naturellement les plus gros exploitants. Cette situation s'est largement améliorée au cours de la dernière décade dans un grand nombre de secteurs, mais elle constitue toujours un gros problème.

- Ces apports extérieurs sont onéreux (certains, comme l'engrais azoté et le combustible utilisé pour les pompes, dépendent de l'industrie pétrolière) ; il sera donc difficile de continuer à les utiliser, avec la crise de l'énergie actuelle. Les taux d'engrais sont souvent bien au-dessus du seuil de rentabilité dans le cas de l'azote et du phosphore ; ce dernier est une source non-renouvelable puisant dans des réserves mondiales limitées. Heureusement, on se rend de plus en plus compte du besoin en technologie appropriée en harmonie avec l'environnement et l'économie.

- Une importante leçon est qu'une production augmentée n'améliore pas forcément le bien-être rural. Dans certaines régions de l'Inde, par exemple, les

méthodes combinées HYV ont en fait eu un effet contraire sur la distribution des revenus, l'emploi dans le secteur rural et les habitudes alimentaires. Cette nouvelle économie de production a forcé un nombre alarmant de petits propriétaires à quitter leurs terres, et l'industrialisation urbaine n'a pas suffit à leur assurer des emplois. La culture céréalière a été favorisé par rapport à la culture de légumineuses, ce qui a parfois résulté en des baisses de production et de consommation de légumineuses. Avec une ethnocentricité économique tout à fait occidentale, un grand nombre d'"experts" ont affirmé que c'était le prix qu'il fallait payer pour moderniser l'agriculture sur le thème "plus c'est gros, meilleur c'est".

Heureusement, on réalise de plus en plus qu'il ne faut pas exclure le petit exploitant du développement agricole, qui devrait faire partie d'un programme de développement rural intégré pour que des facteurs comme la nutrition, la santé, l'éducation et le bien-être rural en général soient pris en considération. En fait, au fur et à mesure que le revenu familial et la production des petites exploitations augmentent, ces autres programmes sont mieux acceptés.

La Révolution Verte est loin d'être terminée. En fait, on est en train de redéfinir ses objectifs et de les étendre à d'autres cultures vivrières. Le progrès à venir va dépendre largement de la manière dont les pays en voie de développement vont approcher deux points principaux :

- La préservation des ressources naturelles et de l'ensemble de l'environnement.

- Le choix d'échelles de production appropriées : L'approche occidentale, "plus c'est gros, meilleur c'est", suggère cependant que les petites unités agricoles intensives sont les plus efficaces. Cela amène le sujet de la réforme agraire, ainsi que les objectifs ultimes du développement agricole. L'approche conventionnelle consistant à essayer d'intégrer le petit exploitant dans un système agrico-commercial moderne échoue généralement (comme elle a échoué aux Etats-Unis). D'autres pensent que l'objectif devrait être de permettre aux petites exploitations familiales marginales d'atteindre un niveau d'auto-suffisance laissant un surplus pour l'éducation et le bien-être général.

Les travailleurs des services de vulgarisation agricole joueront un rôle central dans cet effort visant à étendre les bénéfices de la Révolution Verte. En propageant les connaissances acquises lors d'essais menés par les principaux instituts de recherche pour augmenter la production des cultures traditionnelles, les travailleurs des services de vulgarisation agricole vont permettre à la Révolution Verte d'atteindre ses objectifs visant à améliorer la vie des petits exploitants et de leurs familles dans les pays en voie de développement.

Annexe A
Unités communes de mesure et de conversion

Surface

1 HECTARE (ha) = 10.000 mètres carrés = 2,47 acres = 1,43 manzanas (Amérique Latine).

1 ACRE = 4.000 mètres carrés = 4.840 yards carrés = 43.560 pieds carrés = 0,4 hectare = 0,58 manzana (Amérique Latine).

1 MANZANA (Amérique Latine) = 10.000 varas carrées = 7.000 mètres carrés = 8.370 yards carrés = 1,73 acre = 0,7 hectare.

Longueur

1 METRE (m) = 100 cm = 1.000 mm = 39,37 pouces (in.) = 3,28 pieds (ft.)

1 CENTIMETRE (cm) = 10 mm = 0,4 in.

1 POUCE (in.) = 2,54 cm = 25,4 mm

1 VARA (Amérique Latine) = 32,8 in. = 83,7 cm.

1 KILOMETRE (km) = 1.000 m = 0,625 mile

1 MILE = 1,6 km = 1.600 m = 5.280 ft.

Poids

1 KILOGRAMME (kg) = 1.000 grammes (g) = 2,2 livres (lbs.) = 35,2 onces (oz)

1 LIVRE (lb.) = 16 oz = 454 g = 0,45 kg

1 ONCE (oz) = 28,4 g

1 TONNE METRIQUE = 1.000 kg = 2.202 lbs.

1 TONNE FORTE = 2.240 kg ; 1 TONNE COURTE = 2.000 lbs.

1 QUINTAL = 100 lbs. (Amérique Latine) ; 112 lbs. (anglaises) ; 100 kg (métriques).

Volume

1 LITRE (l) = 1.000 centimètres cubes (cc) = 1.000 millilitres (ml) = 1,06 quarts U.S.A.

1 GALLON (U.S.A.) = 3,78 litres = 3.780 cc (ml)

1 ONCE LIQUIDE = 30 cc (ml) = 2 mesures de cuillerées à soupe rases

Conversions diverses

lbs./acre x 1,12 = kg/ha ; lbs/acre x 1,73 = lbs/manzana

kg/ha x 0,89 = lbs/acre ; kg/ha x 1,54 = lbs/manzana

lbs/manzana x 0,58 = lbs/acre ; lbs/manzana x 0165 = kg/ha

Températures : $C^\circ = (F^\circ - 32) \times 0{,}55$
$F^\circ = (C^\circ \times 1{,}8) + 32$

Annexe B
Comment procéder à des essais (sur le terrain)

Quand est-il nécessaire de mener des essais?

- Pour tester les effets d'une méthode agricole améliorée dans des conditions d'exploitation actuelles :
  Les conditions des stations expérimentales sont souvent plus idéales ou au moins différentes des conditions réelles de l'exploitation. Un test donnant de bons résultats dans les conditions contrôlées d'une station expérimentale peut s'avérer moins que satisfaisant dans le champ de l'exploitant où les conditions et l'entretien du sol sont susceptibles d'être moins meilleurs.

- Pour tester les résultats dans différentes régions géographiques.

- Pour mesurer la rentabilité d'une nouvelle méthode agricole.

- Pour mesurer la variabilité des résultats : Les exploitants sont tout aussi intéressés par la variabilité des bénéfices apportés par une nouvelle méthode agricole que par le bénéfice moyen. Une méthode qui offre de gros avantages sur certaines exploitations, mais en offre peu sur d'autres est susceptible d'être moins bien acceptée.

Le processus

- Décrire en termes clairs la méthode agricole à essayer.

- Diviser la région d'essais en zones : La région de travail peut présenter de grandes variations en ce qui concerne les sols, les précipitations, l'altitude, les systèmes agricoles, etc. Il est important de diviser la région d'essai en zones distinctes si celles-ci diffèrent suffisamment les unes des autres pour justifier des recommandations

distinctes. Le nombre de zones dépendra de la diversité de votre région, de la complexité de la méthode testée et des limitations de temps et de budget. Dans la plupart des cas vous n'aurez pas affaire à plus de deux ou trois zones d'essais dans une municipalité donnée.

- Déterminer le nombre d'exploitations à prendre en compte par zone d'essais : Naturellement, les résultats seront d'autant plus représentatifs et la recommandation qui s'en suit sera d'autant plus précise que le nombre d'essais et d'exploitations pris en compte par zone sera élevé. Mais les coûts seront d'autant plus élevés et le temps nécessaire plus long.

Deux facteurs déterminent le nombre d'exploitations à prendre en compte dans une zone d'essais :

- Si on prévoit que le bénéfice moyen d'une nouvelle méthode agricole va être élevé par rapport à l'ancienne, il faudra travailler avec un nombre plus petit d'exploitations que si l'on s'attend à un bénéfice moyen moins important.

- Si on prévoit que les résultats vont varier d'une exploitation à l'autre, il faudra prendre en compte un nombre plus élevé d'exploitations que dans le cas d'une variation plus faible.

De préférence, les vulgarisateurs devront consulter un chercheur expérimenté ou un responsable des services de vulgarisation avant de déterminer le nombre d'exploitations à inclure dans un essai. Si ces conseils ne sont pas disponibles, il faudra peut-être procéder auz essais avec des méthodes d'échantillonnage moins précises. Le tableau suivant est basé sur une zone de travail de 500 à 1.000 exploitations.

NOMBRE D'EXPLOITATIONS A INCLURE DANS UN ESSAI

Si vous prévoyez une augmentation moyenne par rapport aux rendements normaux de :	Et se vous prévoyez une variation de rendements entre les exploitations d'une région donnée qui soit :	Il faudra inclure le nombre suivant d'exploitations dans le test : (10 au maximum)
100 %	Très variable	6
	Assez prévisible	4
50 %	Très variable	9
	Assez prévisible	5
25 %	Très variable	10
	Assez prévisible	6

- Déterminer la durée de l'essai : Si l'on pense que les bénéfices résultant de nouvelles méthodes agricoles peuvent se trouver sensiblement associés aux conditions météorologiques au cours de la période de croissance, il convient de répéter les tests sur plusieurs années. Ceci est souvent le cas avec des vérifications impliquant l'emploi d'engrais et de changements dans la densité de plantation et peut être également le cas avec la plupart des autres méthodes, au moins dans une certaine mesure . Des essais répétitifs sont surtout indiqués si la première expérience est menée dans une année présentant des caractéristiques de temps inhabituelles. Pour aider à déterminer ceci, on peut avoir recours à des relevés météorologiques à long terme, mais si ceux-ci ne sont pas disponibles, on peut avoir recours aux vulgarisateurs et aux exploitants de la région.

- Choisir des exploitations particulières : Il est important que les exploitations choisies soient plus représentatives que "typiques". Les exploitations prises en compte doivent refléter un profil transversal de celles de la zone d'essais pour pouvoir convertir les résultats des expériences en recommandations qui soient en principe applicables à toute la région. Il faut se rappeller qu'il convient de déterminer autant la variation des effets sur les exploitations que les effets globaux. Les exploitants ne récoltent pas de moyennes!

  De préférence, il faudra choisir les exploitations au hasard. Mais cette approche n'est pas toujours pratique étant donné les limitations imposées par l'accessibilité et la collaboration des exploitants. Néanmoins, moins la sélection des exploitations est limitée à une classe particulière et plus on choisit les exploitations de façon spontanée, plus les résultats seront valables.

- Il est plus difficile de respecter ce principe qu'on pourrait le croire. Par exemple, il est plus facile de travailler avec des exploitations situées près d'une route, avec des exploitants qu'on connait ou avec des exploitations où on peut s'attendre à de bons résultats. De tels préjugés peuvent nuire aux résultats.

- Déterminer le type de parcelle-témoin dont vous aurez besoin : Si les résultats des essais vont être comparés à ceux obtenus avec une méthode traditionnelle, il faudra travailler sur une parcelle-témoin. Cependant, s'il s'agit d'introduire

une récolte entièrement nouvelle plutôt qu'une nouvelle méthode ou une nouvelle variété, celle-ci ne sera pas nécessaire.

- Choisir l'emplacement et la dimension des parcelles : L'emplacement de la parcelle dépendra beaucoup de l'avis de l'exploitant coopérant. Cela ne pose pas de problème, tant qu'il ou elle ne choisit pas expressément la meilleure parcelle de l'exploitation. Une sélection au hasard constitue la meilleure méthode ici, à moins que certaines parties de l'exploitation n'aient été soumises à des méthodes d'entretien inhabituelles, telles que des épandages d'engrais à dosages très élevés. La parcelle d'essais ainsi que la parcelle-témoin doivent toutes les deux se trouver dans le même champ et de préférence être contigues. Ceci permet d'assurer que les deux parcelles soient bien soumises aux mêmes variables. En fait, il peut être préférable d'éviter de procéder à des essais sur des exploitations où les deux parcelles ne se trouvent pas dans le même champ.

  Les parcelles doivent être suffisamment grandes pour permettre l'emploi des méthodes agricoles habituelles, mais suffisamment petites pour que les résultats soient nettement visibles. La parcelle d'essais et la parcelle-témoin ne doivent pas avoir les mêmes dimensions. La parcelle d'essais peut faire partie de la parcelle-témoin et servir comme telle.

- Comment mener et superviser l'essai : L'exploitant et ses ouvriers auxiliaires habituels doivent prendre en charge la préparation, la plantation, le désherbage et toute autre opération normalement associée à la culture. D'autre part, ils devront appliquer eux-mêmes la nouvelle méthode agricole sous la supervision du (des) vulgarisateur(s). Ceci permet d'assurer que la vérification des résultats est bien représentative des conditions d'exploitation réelles.

  Il faudra s'assurer que toutes les variables autres que la méthode ou les apports extérieurs faisant l'objet du test restent constantes. Une erreur courante des exploitants ainsi que des vulgarisateurs est de prendre mieux soin de la parcelle d'essais que de la parcelle-témoin. Un régime préférentiel peut nuire aux résultats.

  Une documentation est essentielle. Il faudra mesurer et enregistrer tous les apports utilisés autant que possible. Les données météorologiques telles que les précipitations, la grêle et les extrêmes de températures devront être enregistrées si possible ainsi que tout écart visible entre la parcelle d'essais et la parcelle-témoin pendant la période de croissance.

- Collection des données : On ne peut tirer de conclusions sur les résultats des essais avant d'avoir mesuré les rendements. L'objectif est de peser la récolte provenant de la parcelle d'essais et d'une surface équivalente de la parcelle-témoin. Le vulgarisateur et l'exploitant doivent décider d'une date de récolte et devront avoir à leur disposition une balance précise. On peut mesurer les rendements bruts des deux parcelles en même temps et les convertir en kg/ha, livres/acre ou en toute autre mesure de rendement utilisée dans le région.

  Il faudra toujours cependant obtenir un échantillon de rendement avant la date effective de la moisson, juste au cas où les parcelles seraient moissonnées avant la date convenue sans que les rendements soient mesurés. En principe, le prélèvement correct d'un échantillon de rendement pris au hasard donne une précision de 5% par rapport au rendement réel et constitue une police d'assurances bon marché.

- Analyse des résultats :
  La tenue de registres est essentielle à toute analyse valable des résultats. La meilleure méthode d'interprétation des résultats consiste sans aucun doute à faire une analyse statistique standard des données de rendement. Il n'est pas nécessaire d'être spécialiste en la matière. On trouvera dans l'annexe F des instructions faciles à suivre et permettant de procéder à une analyse statistique qui vous permettra de déterminer l'écart type (mesure de la variabilité des effets de la moyenne).

  Calculer l'écart-type, puisqu'il va servir de base pour obtenir des prévisions de rendement réalistes quand on fait des recommandations sont faites aux exploitants.

Comment réduire les risques des exploitants participant aux essais

- Subventionnement des apports

  Les essais : Il existe deux vues sur le sujet. Certains spécialistes de la vulgarisation pensent que tous les apports destinés aux parcelles d'essais doivent être fournis gratuitement à l'exploitant . Il pensent qu'il est ainsi plus facile de trouver des collaborateurs et d'assurer un contrôle sur les parcelles. D'autres pensent qu'il ne faut pas accorder d'indemnités, sauf dans le cas d'un nouvel apport. Le choix va dépendre surtout des conditions

économiques et de la réceptivité des exploitants locaux.

Démonstration des résultats : En principe les apports ne seront subventionnés que s'il reste un doute sur la rentabilité d'une nouvelle méthode, auquel cas elle ne devrait pas se trouver en phase de démonstration.

NOTE : Si des subventions sont fournies, il faudra s'assurer de bien inclure les coûts réels des apports quand on va procéder à une étude de rentabilité.

- Réduction du nombre d'essais en exploitation :

  Les essais : Si l'on réduit le nombre d'essais, les résultats ne seront pas représentatifs de la région.

  Démonstration des résultats : Une réduction du nombre des essais n'aura pas d'incidence sur le principe de la démonstration, mais peut ralentir une acceptation massive de la méthode par les exploitants.

- Réduction de la dimension de la parcelle :

  Les essais : Les dimensions de la parcelle devront être suffisantes pour permettre l'exécution des méthodes de culture normales. Il est préférable d'offrir des subventions que de réduire les dimensions de la parcelle au-dessous de cette limite.

  Démonstration des résultats : Laisser les exploitants choisir eux-mêmes les dimensions de la parcelle tant qu'elles permettent de poursuivre des méthodes de culture normales.

- Garantie du prix ou du rendement : L'agence de vulgarisation peut garantir un certain rendement ou un certain prix de marché à un exploitant coopérant, éventuellement sous forme de contrat d'achat. Ceci ne doit se faire qu'avec des essais. Les démonstrations devront rester autonomes.

Annexe C
Comment effectuer une démonstration des résultats (terrain de démonstration)

Examiner la recommandation qui sera démontrée

S'assurer que la recommendation est bien :

- Adaptée aux conditions de culture locales.
- Dans les limites des moyens économiques de la plupart des exploitants locaux.
- Suffisament testée dans des conditions de culture locales.

Sélectionner les sites de démonstration

L'objectif d'une démonstration des résultats étant de promouvoir l'acceptation à grande échelle d'une nouvelle méthode, la préoccupation principale est de s'assurer une visibilité maximale au moment de la sélection des sites. Néanmoins, si la recommandation en question s'applique à plusieurs types de sols ou à d'autres variations communes à la région, il ne faudra pas oublier d'inclure plusieurs exploitations faisant partie de chaque catégorie. Voici quelques lignes directrices :

- Sélectionner des exploitants-clé
  Ceux-ci ne sont pas nécessairement les meilleurs exploitants ou les exploitants les plus avancés, d'autres exploitants peuvent les considérer comme étant trop exceptionnels. Ne pas rejeter un exploitant "progressiste", mais rechercher plutôt des exploitants influents.

- Choisir des sites visibles
  Ces sites devront se trouver près des routes, des chemins ou des lieux de réunion publics.

- Démonstrations collectives sur un terrain loué ou donné
  Celles-ci peuvent être très efficaces, mais devront être faites avec des groupes existants déjà plutôt qu'avec des groupes qu'il faudra organiser sur place pour faire la démonstration.

- Facteurs particuliers à la démonstration d'engrais
  Ne pas utiliser un champ ayant reçu au préalable des doses exceptionnellement élevées. Les démonstrations d'engrais entraînent des résultats visibles spectaculaires et des écarts de rendements sur des sols peu fertiles, mais il ne faudra pas rechercher exprès des sols pauvres pour faire la démonstration.

- Démonstration "spontanée" : Une autre approche qui peut être très efficace dans certains cas consiste à trouver le champ d'un exploitant démontrant déjà la valeur de ce que vous essayez de promouvoir. L'inconvénient de cette méthode est qu'il n'existe généralement pas de parcelle-témoin permettant de faire une comparaison.

Comment préparer la démonstration

Après avoir sélectionné les sites, le vulgarisateur devra discuter de la démonstration avec l'exploitant ; il faudra discuter des dates approximatives des opérations importantes telles que la plantation, l'épandage d'engrais, etc.. S'assurer de la disponibilité des apports nécessaires. Le vulgarisateur devra bien comprendre le quoi, le comment et le pourquoi des procédures impliquées dans la préparation et la mise en culture de la parcelle de démonstration.

Surveillance et gestion

Le vulgarisateur doit être présent lors de la mise en application de toute procédure nouvelle associée à la parcelle de démonstration pour s'assurer que l'exploitant l'exécute correctement. Pour faire une démonstration réaliste, l'exploitant et ses ouvriers habitues devront accomplir eux-mêmes la plus grosse partie du travail.

Eviter d'avoir toujours tendance à favoriser la parcelle où la nouvelle méthode est appliquée en en prenant un soin tout particulier ou en la protégeant trop des facteurs limitatifs sans tenir compte du coût. Les exploitants qui viendont la voir peuvent facilement détecter ces facteurs atypiques, ce qui peut sérieusement nuire à la valeur promotionnelle de la parcelle de démonstration.

Observation et tenue de registres

L'objectif principal des parcelles de démonstration est de promouvoir des méthodes agricoles améliorées, mais elles peuvent également être la source de renseignements très utiles si l'on considère le peu de travail supplémentaire nécessaire à l'enregistrement des données et à la mesure exacte des rendements. Voici quelques conseils :

- Etablir un registre chronologique pour chaque démonstration, en prenant note de facteurs tels que la date et la quantité des apports, les conditions météorologiques, les observations visibles, etc..
- Faire une estimation des rendements en utilisant la technique d'échantillonnage au hasard expliquée dans l'Annexe L.
- Comparer ces estimations avec les rendements des exploitants participant au projet.

Promotion et travail complémentaire

Les démonstrations doivent servir à montrer en exemple les avantages d'une méthode agricole améliorée (ou d'un "ensemble de méthodes agricoles"). Il conviendra de convier les exploitants voisins à venir observer la démonstration au cours de la croissance de la culture quand les résultats voulus sont visibles (des plantes plus grandes ou plus vertes à cause de l'emploi d'engrais). Il ne faudra pas tenir compte des résultats définitifs de façon conservatrice.

Il faudra prévoir des sessions organisées pour répondre aux questions des exploitants si la nouvelle méthode requiert certaines explications ou de nouvelles compétences. Ces deux cas sont vraisemblables. On appelle cela une <u>démonstration de méthode et des résultats</u> et une session de cet ordre devra être dirigée par un vulgarisateur qualifié, expérimenté dans la région en question et ayant une parfaite connaissance de la langue locale.

Le vrai test d'une démonstration est la rapidité avec laquelle les exploitants commenceront à adopter la nouvelle méthode.

<u>QUELQUES PRECAUTIONS</u> :

- Ne pas utiliser la démonstration des résultats pour vérifier les effets d'une recommandation. C'est lé rôle du test. Les démonstrations de résultats sont destinées à promouvoir des méthodes agricoles ayant déjà été mises à l'épreuve. Ne jamais entreprendre une démonstration de résultats sans être relativement certain que la méthode agricole sera profitable.

- Ne jamais trop promettre en ce qui concerne les résultats. Soyez prudent.

- Ne jamais effectuer une démonstration sur votre propre terrain.

- Ne jamais sacrifier la qualité à la quantité de travail.

- Ne jamais montrer une préférence pour une démonstration par rapport à une autre.

Annexe D
Comment procéder à une analyse statistique elémentaire

Un test consiste en un certain nombre d'essais individuels effectués sur des exploitations représentatives dans une région locale afin de comparer la nouvelle méthode avec l'ancienne. Les résultats de ces essais constituent la base finale permettant de formuler à l'intention des exploitants des recommandations qui seront adaptées aux conditions locales. Pour pouvoir interpéter correctement un test, il faudra soumettre les résultats de rendements à au moins une analyse statistique pour déterminer les deux mesures les plus importantes des avantages réels d'une méthode :

- Le bénéfice moyen : C'est la mesure de l'augmentation moyenne de rendement avec la nouvelle méthode par rapport à l'ancienne.

- L'écart type : C'est la mesure du taux de variation des résultats individuels par rapport aux moyennes globales. C'est l'indicateur de variabilité des effets au-dessus ou au-dessous de la moyenne. Ne pas oublier que les exploitants ne récoltent des "moyennes" que rarement et qu'ils désirent connaître la variation probable des bénéfices.

Ces calculs ne sont pas difficiles à faire. Il suffit de suivre les procédés standard suivantes :

1. Disposer les données sous forme des colonnes comme il l'est indiqué dans le tableau ci-dessous.

2. Calculer les moyennes suivantes en faisant la somme

des colonnes appropriées et en divisant par le nombre d'essais individuels effectués. (Se reporter au tableau à la page suivante).

a. Rendement moyen pour l'ancienne méthode (témoin).

b. Rendement moyen pour la nouvelle méthode.

c. Bénéfice moyen : augmentation moyenne de rendement avec la nouvelle méthode par rapport à l'ancienne.

3. Le chiffre au carré du bénéfice : C'est le procédé statistique standard utilisé pour calculer l'écart-type. Toutefois, les écarts entre les chiffres au carré des bénéfices individuels n'ont pas d'importance. Ce qui est important c'est la somme des chiffres au carré, la détermination de l'écart-type se faisant à partir de celle-ci.

4. Calcul de l'écart-type : C'est la mesure statistique la plus importante que vous allez obtenir à partir des résultats puisqu'elle montre la variabilité des effets par rapport à la moyenne. Le procédé utilisé pour calculer l'écart-type est démontré dans l'exemple suivant.

5. Résumé des données

a. Rendement moyen obtenu avec la nouvelle méthode : 23,6 boisseaux/acre
b. Rendement moyen obtenu avec l'ancienne méthode (parcelle témoin) : 17,2 boisseaux/acre
c. Bénéfice moyen (nouvelle méthode par rapport à l'ancienne) : 6,5 boisseaux/acre
d. Ecart-type : 2,8 boisseaux/acre soit 16%.

6. Interprétation des données : Après avoir calculé le bénéfice moyen et l'écart-type, vous pouvez répondre à quatre questions-clé qui sont prises en compte pour formuler une recommandation basée sur les résultats des essais :

a. Quelle est l'augmentation moyenne du rendement avec la nouvelle méthode?

Solution du problème avec les données de l'étape No. 5 :

$$\frac{6,5}{17.2} \times 100 = 38\%$$

b. Quelle est l'augmentation minimale de rendement à laquelle les exploitants pourront s'attendre trois

Solution : Multiplier l'écart-type en pourcentage (16%) par 0,7, une constante mathématique utilisée en statistiques. Soustraire ensuite le résultat de l'augmentation moyenne de rendement exprimée en pourcentage (38%).

Solution utilisant les données ci-dessus :

16% x 1,0 = 16%
38% - 16% = 22% (augmentation)

c. Quelle est l'augmentation de rendement minimal dont les exploitants peuvent s'attendre trois sur quatre fois?

Solution : Multiplier l'écart-type en pourcentage (16%) par 0,7, une constante mathématique utilisée en statistiques. Puis soustraire le résultat de l'augmentation moyenne exprimée en pourcentage (38%).

Solution utilisant les données ci-dessus:

16% x 1,0 = 16%
38% - 16% - 22% (augmentation)

d. Quel est le pourcentage d'exploitants qui sont susceptibles de n'obtenir aucune augmentation de rendement avec la nouvelle méthode?

Solution : Diviser le bénéfice moyen par l'écart-type pour obtenir un rapport. Puis vérifier la réponse selon ce rapport en ce reportant au tableau suivant, par interpolation si nécessaire.

Solution utilisant les données ci-dessus :

$$\frac{\text{6,5 boisseaux}}{\text{2,8 boisseaux}} = 2{,}3 \text{ (rapport)}$$

Réponse = 1% des exploitants.

Rapport	Réponse (en pourcentage)
2,6	Moins de 0,5%
2,3	1%
2,0	2%
1,6	5%
1,3	10%
1,0	15%
0,8	20%
0,7	25%

7. Interpétation des résultats sur une base économique
Etant donné que la plupart des nouvelles méthodes entraînent des coûts plus élevés, la vraie preuve de leur avantage sera l'augmentation des recettes nettes par

rapport à l'augmentation des coûts. Les mêmes procédés statistiques utilisés ci-dessus peuvent s'appliquer aux tests de bénéfices économiques nets et du rapport coût/bénéfice.

Données provenant d'un test d'une variété de maïs réalisé sur 25 exploitations

Exploitation	RENDEMENT		BENEFICE	CHIFFRE AU CARRE DU BENEFICE	
	Nouvelle Méthode	Témoin			
	Boisseaux/ Acre	Boisseaux/ Acre	Boisseaux/ Acre		
1	23	16	7	$(7)^2$	49
2	37	26	11	$(11)^2$	121
3	24	17	7	$(7F)^2$	49
4	20	14	6	$(6)^2$	36
(5-21)					
22	24	17	7	$(7)^2$	49
23	22	16	6	$(6)^2$	36
24	28	21	7	$(7)^2$	49
25	26	19	7	$(7)^2$	49
SOMMES	591	429	162		1236
MOYENNES	23,6	17,2	6,5		

Comment calculer l'écart-type :

a. Somme des carrés du bénéfice = 1.236 boisseaux

b. $\frac{(\text{Somme des bénéfices})^2}{\text{nombre d'exploitations}} = \frac{(162)^2}{25} = 1.050$

c. Soustraire (b) de (a) : 1236 - 1050 = 186 boisseaux

d. $\frac{\text{L'écart (c)}}{\text{Nombre d'exploitations} - 1} = \frac{186}{24} = 7,75$ boisseaux

e. Ecart-type = racine carrée de (d) soit $\sqrt{7,75} = 2,8$ boisseaux

f. $\frac{\text{Ecart-type (e) x 100}}{\text{Rendement moyen de la parcelle moyenne}} = \frac{2,8 \times 100}{17,2} = 16\%$

Donc : 16% = l'écart-type (variation) en pourcentage du rendement moyen avec l'ancienne méthode (parcelle témoin).

Annexe E
Comment convertir les rendements des petites parcelles

Quand vous travaillerez sur les rendements des essais sur le terrain, des parcelles de démonstration et des champs des exploitants, il vous faudra généralement les convertir en termes de kg/ha, livres/acre ou autres normes. Ceci peut se faire de plusieurs façons. Le mieux est de prendre un exemple.

PROBLEME 1 : Pora a récolté 300 kg de maïs égrené sur un champ de 30 x 40 mètres. Quel est son rendement en kg/ha?

SOLUTION :

Méthode 1 :

$$\frac{\text{10.000 mètres carrés (1 hectare)}}{\text{surface de la parcelle en m2}} \times \text{rendement de la parcelle en kg} = \text{rendement en kg/ha}$$

$$\frac{\text{10.000 mètres carrés}}{\text{1.200 mètres carrés}} \times 300 \text{ kg}$$

= 2.500 kg/ha de maïs du champ de Pora.

Méthode 2 : Etablir un rapport :

$$\frac{\text{Zone}_1}{\text{Zone}_2} = \frac{\text{Rendement}_1}{\text{Rendement}_2}$$

$$\frac{\text{10.000 mètres carrés}}{\text{1.200 mètres carrés}} = \frac{Y_1}{300 \text{ kg}}$$

Pour résoudre le rapport pour Y_1, poser l'équation suivante :

1.200 Y_1 = 300 kg x 10.000. Puis résoudre pour Y_1 :

$$Y_1 = \frac{300 \text{ kg} \times 10.000}{1.200}$$

Y_1 = 2.500 kg/ha de maïs du champ de Pora.

PROBLEME 2 : Lam récolte 150 livres de graines sèches de doliques provenant d'un champ mesurant 45 x 75 pieds. Quel est son rendement en livres par acre?

SOLUTION

Méthode 1 :

$$\frac{43.560 \text{ pieds carrés (1 acre)}}{\text{surface de parcelle en ft.2}} \times \text{rendement de parcelle en livres} = \text{rendement en livres/acre}$$

$$\frac{43.560 \text{ pieds carrés}}{3.375 \text{ pieds carrés}} \times 150 \text{ livres}$$

= 1.936 livres/acre de doliques pour la parcelle de Lam.

Méthode 2 : Etablir un rapport

$$\frac{\text{Surface}_1}{\text{Surface}_2} = \frac{\text{Rendement}_1}{\text{Rendement}_2}$$

$$\frac{43.560 \text{ pieds carrés}}{3.375 \text{ pieds carrés}} = \frac{Y_1}{150 \text{ livres}}$$

Poser ensuite l'équation pour Y_1 et la résoudre comme suit :

$3.375\ Y_1$ = 150 livres x 43.560

$$Y_1 = \frac{150 \times 43.560}{3.375}$$

Y_1 = 1.936 livres/acre de doliques pour la parcelle de Lam.

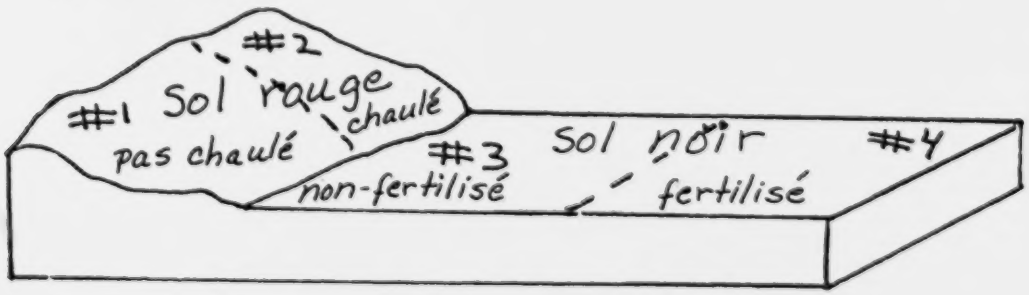
NOTE : Vous pouvez "combiner" les unités de mesure de différents systèmes si vous connaissez les conversions. Exemples :
1 Acre = 400 mètres carrés
1 Manzana (Amérique Centrale) =
1.73 acres = 0,7 ha = 7.000 mètres carrés.

Annexe F
Commment prélever des échantillons de sol

1. Diviser l'exploitation en unités d'échantillonnage : Chaque échantillon envoyé au laboratoire est en réalité un échantillon composite constitué de 10 à 20 sous-échantillons prélevés sur une zone uniforme en ce qui concerne la couleur, la consistance, la topographie, la gestion précédente et d'autres caractéristique pouvant avoir une incidence sur la fertilité du sol. Une exploitation peut comprendre plusieurs régions distinctes appelées unités d'échantillonage.

   Pour commencer, dessiner une carte des terres d'exploitation à échantillonner, puis la diviser en unités d'échantillonnage distinctes selon les critères ci-dessus. Chaque unité d'échantillonnage ne doit contenir qu'un seul type de sol (c'est-à-dire qu'il ne faudra pas mélanger du sol rouge avec du sol noir, du sol d'une région accidentée avec du sol d'une région plate, du sol fertilisé avec du sol non fertilisé, etc.). Il est important d'avoir une bonne idée du passé du sol en ce qui concerne son exposition à l'application d'engrais et son chaulage pour éviter des variations dans une même unité d'échantillonnage.

   La carte finale, constituée d'unités d'échantillonnage numérotées, peut ressembler à celle ci-dessous :



Dimension des unités d'échantillonnage : Une unité d'échantillonnage ne doit pas en principe dépasser 4 à 6 hectares. Les petites exploitations auront naturellement des unités d'échantillonnage plus petites.

2. Pour chaque unité d'échantillonnage, prélever des sous-échantillons pour établir un échantillon composite représentatif de cette unité.

- Si l'exploitation a trois unités d'échantillonnage, l'exploitant enverra au laboratoire trois échantillons de sol. Chaque échantillon sera composé de 10 à 20 sous-échantillons prélevés au hasard sur l'unité d'échantillonnage.

- Profondeur d'échantillonnage : La plupart des laboratoires ont besoin d'échantillons de la couche arable à une profondeur ne dépassant pas 15 à 20 cm. Quand on prélève des échantillons sur un champ destiné à un pâturage, le laboratoire peut demander une profondeur de 5 cm. Eviter d'inclure du sous-sol dans un échantillon de couche arable, à moins que celle-ci ne soit pas très épaisse à cause de l'érosion.

- Prélever un sous-échantillon : On peut utiliser une pelle ou une machette, mais un foret est préférable si le sol est très dur.

  Si on utilise une pelle, creuser un trou à 45° pour atteindre la profondeur voulue puis creuser et enlever une tranche d'une épaisseur de 3 à 5 cm environ. La tranche doit s'étendre jusqu'à la profondeur d'échantillonnage verticale appropriée et avoir une épaisseur uniforme. Si on maintient la tranche de sol avec la main, elle ne s'effritera pas. La débarrasser de toute poussière superficielle avant de prélever l'échantillon.

  Couper l'échantillon de sol sur la pelle pour obtenir une largeur de 4-5 cm, puis le mettre dans un seau.

  Directives d'échantillonnage : Ne pas prélever des sous-échantillons à partir de bandes d'engrais, sous la fiente d'animaux ou le long d'une barrière ou de l'extrémité d'un champ. Employer un seau propre qui n'a pas servi pour contenir des engrais. Un seau galvanisé va affecter les examens de laboratoire pour détecter la présence de zinc.

- Comment préparer un échantillon composite : Après avoir ramasser les 10 à 20 sous-échantillons au hasard dans une unité d'échantillonnage, bien les

mélanger dans le seau, puis prélever une quantité suffisante de sol pour remplir la boîte d'échantillonnage.

- Directives : Ne jamais mélanger du sol provenant d'unités d'échantillonnage différentes. Ne pas sécher au four les échantillons humides, car cela va provoquer un relevé en potassium anormalement élevé. Il est préférable de les sécher à l'air. Nettoyer le seau à fond avant de passer à une autre unité d'échantillonnage.

- Compléter la feuille de renseignements : Le formulaire du laboratoire des sols va vous demander de fournir un certain nombre de renseignements sur l'inclinaison du terrain, l'assèchement, l'histoire et les rendements agricoles, les apports précédents d'engrais et de chaux, les cultures et les rendements souhaités.

Quand faut-il prélever des échantillons de sol? Il faut les envoyer au laboratoire au moins deux mois avant la date à laquelle vous aurez besoin des résultats. Dans des régions où la saison de plantation est concentrée, les exploitants ont tendance à attendre jusqu'à la dernière minute pour envoyer les échantillons, et il est impossible au laboratoire de les traiter dans les délais voulus.

A quelle fréquence doit-on effectuer des essais? Dans le cas d'un champ soumis à des dosages d'engrais faibles à moyens, il convient de prélever des échantillons environ une fois tous les trois à cinq ans, puisque le niveau de fertilité du sol n'est pas susceptible de changer de façon notable d'une année sur l'autre. Cela ne pose pas de problèmes, puisque les exploitants possédant des capitaux limités devront se concentrer sur les soins à apporter à la culture présente plutôt que sur une augmentation du niveau général de fertilité du sol.

Annexe G
Signes de défaillances nutritives dans les cultures de référence

AZOTE

Maïs, sorgho, millet

Les jeunes plantes sont atrophiées et ont l'apparence de fuseaux avec des feuilles jaunes-verdâtres. Chez les plantes plus âgées, les extrèmités des feuilles du bas commencent à présenter un jaunissement en forme de "V", progressant le long de la nervure centrale tandis que les marges de la feuille restent vertes. Dans certains cas, un jaunissement général se produit sur les feuilles du bas. Dans des cas extrêmes, les feuilles du bas brunissent et meurent rapidement à partir des extrèmités. (Cette "cuisson" peut également être provoquée par la sécheresse qui empêche l'absorption de N.) Les épis du maïs sont petits et pincés aux extrémités.

Légumineuses

Les feuilles du bas prennent une couleur vert clair, puis jaunissent, les symptômes évoluant vers le haut de la plante. La croissance de la plante s'atrophie.

PHOSPHORE

Maïs, sorgho, millet

Les signes de carence nutritive apparaissent plutôt au commencement de la phase de croissance. Des carences peu sérieuses provoquent généralement une atrophie sans entraîner de symptômes manifestes sur les feuilles. Avec des carences plus sévères les extrémités des feuilles inférieures (plus vieilles) deviennent d'abord pourpres, puis brunes, avant de mourir. Certaines variétés de maïs et de sorgho ne présentent pas de couleur pourpre, mais plutôt une coloration bronze et suivent la même évolution. Ne pas tenir compte des tiges pourpres.

Chez le maïs et le sorgho, les symptômes disparaissent normalement une fois que les plantes atteignent une hauteur de 40 à 45 cm, mais les rendements seront sévèrement diminués. Les épis de maïs provenant de plantes souffrant d'une carence en P sont quelque peu tordus, avec des lignes de plantation irrégulières et des extrémités sans graines.

Les signes de carence en phosphore sont souvent difficiles à définir. Les plantes manquent de vigueur et font des pousses latérales. Les feuilles supérieures prennent une couleur vert foncé, mais restent petites. La floraison et la maturation sont retardées.

POTASSIUM

Maïs, sorgho, millet

Ces trois cultures présentent rarement des symptômes pendant les premières semaines de croissance. Les marges des feuilles inférieures verdissent et meurent, en commençant par le haut de la feuille. Les plantes souffrant d'une carence en potassium possèdent des entre-noeuds courts et des tiges faibles. Si on coupe les tiges de maïs dans le sens de la longueur, on constatera souvent la présence de noeuds brun foncé. Les épis de maïs des plantes souffrant d'une carence en

potassium sont souvent petits et peuvent présenter des extrémités pointues pauvres en graines.

Légumineuses

Une carence en potassium se produit rarement chez les haricots, mais peut se produire dans des sols très stériles ou ceux à teneur élevée en calcium et en magnésium. Dans ce cas les extrémités et les marges des feuilles jaunissent et meurent, en commençant par les feuilles inférieures et suivant une évolution ascendante.

CALCIUM

Haricots

Une carence en calcium est rare chez les haricots, mais est plus susceptible de se produire quand elle est associée à une toxicité d'aluminium dans des sols très acides. Les feuilles restent vertes et présentent un léger jaunissement aux marges et aux extrémités. Les feuilles peuvent se plisser et se recroqueviller vers le bas.

Arachides

Les plantes de couleur vert clair avec un fort pourcentage de gousses non remplies présentent les symptômes d'une carence en calcium.

MAGNESIUM

Maïs, sorgho, millet

Un jaunissement général des feuilles inférieures constitue le premier signe. Par la suite, la zone située entre les nervures prend une couleur jaune pâle ou presque blanche, tandis que les nervures restent assez vertes. Au fur et à mesure que la carence se développe, les feuilles prennent une couleur rouge-pourpre le long

des bords et des extrémités, en commençant par les feuilles inférieures dans une évolution ascendante.

Haricots

Une carenre en magnésium est plus susceptible de se produire dans des sols acides ou à teneur élevée en Ca et en K. Le jaunissement entre les nervures apparait d'abord sur les feuilles plus vieilles et évolue de bas en haut. Les extrémités des feuilles présentent les premiers symptômes.

SOUFRE

Conditions de susceptibilité : Les carences en soufre se présentent dans des régions où les sols sont volcaniques, sableux, acides, et où des engrais à dose faible de S ont été utilisés sur plusieurs années.

Maïs, sorgho, millet

Ces cultures ont des besoins en S relativement bas. Une croissance atrophiée, une maturité retardée et un jaunissement général des feuilles (par contraste avec une carence en N) sont les signes principaux. Parfois, les nervures peuvent rester vertes ce qui peut laisser penser à une carence en fer ou en zinc. Mais les signes de carence en fer et en zinc sont plus vraisemblables dans des sols basiques ou légérement acides.

Haricots

Les feuilles supérieures prennent une couleur jaune uniforme.

ZINC

Les carences en zinc se produisent dans les cas où le pH du sol est supérieur à 6,8 et où des teneurs élevées en P sont utilisées, surtout si celles-ci sont appliquées en bandes ou dans des trous situés près des semences.

Maïs

De toutes les cultures, c'est le maïs qui présente les signes de carences en zinc les plus nets. Dans le cas d'une carence sévère, les symptômes apparaissent dans les deux premières semaines suivant l'émergence. Un signe typique est l'apparition d'une large bande de tissu décoloré des deux côtés de la nervure centrale des feuilles du haut, surtout sur la partie inférieure des feuilles. La zone située entre les nervures et les marges des feuilles reste verte, et les plantes sont atrophiées. Des carences légères peuvent causer l'apparition d'une striure entre les nervures analogue à celle provoquée par une carence en manganèse ou en fer. Mais, dans le cas des carences en Fe et en Mn, cette striure entre les nervures s'étend le long de la feuille toute entière de haut en bas.

Sorgho

Les symptômes sont similaires à ceux du maïs, mais moins de striures entre les veines, et la bande blanche est plus distincte.

Légumineuses

Jaunissement entre les veines des feuilles supérieures.

FER

On peut soupçonner une carence en fer quand le pH du sol est supérieur à 6,8.

Maïs, sorgho, millet

Le sorgho est beaucoup plus susceptible de souffrir d'une carence en fer que le maïs. Toutes ces trois cultures vont présenter un jaunissement des nervures s'étendant tout le long des feuilles et apparaissant

surtout sur les feuilles du haut.

Légumineuses

Le jaunissement des nervures se produit sur les feuilles supérieures. Elles peuvent éventuellement prendre une couleur jaune uniforme.

MANGANESE

Conditions de susceptibilité : Les carences en manganèse sont rares chez le maïs, le millet ou le sorgho. Elle se produit dans des sols avec un pH de 6,8 ou plus et dans des sols sableux ou fortement lixiviés.

Arachides

Le jaunissement entre les nervures des feuilles supérieures qui vont par la suite prendre une couleur uniforme jaune, puis bronze, constitue un symptôme de carence.

Haricots

Les plantes sont atrophiées. Les feuilles du haut jaunissent entre les petites nervures et prennent par la suite une couleur bronze.

La toxicité de manganèse se produit sur des sols très acides et est aggravée par un assèchement inadéquat. Les haricots y sont très susceptibles. Les feuilles supérieures jaunissent entre les nervures. Cette toxicité peut être confondue avec une carence en Mg, mais une carence en Zn est très rare dans des sols très acides.

BORE

Conditions de susceptibilité : Les carences en bore sont susceptibles de se produire dans des sols acides, sableux ou dans des sols à pH élevé. De toutes les cultures de référence, les haricots et les arachides sont les plus susceptibles de souffrir d'une carence en bore.

Arachides

Le feuillage peut être normal, mais les graines vont présenter une zone évidée et brune à l'intérieur. On appelle des carences des "dégâts internes".

On va constater l'apparition de tiges épaisses et de feuilles avec des taches jaunes et mortes. Dans des cas moins sévères, les feuilles se plissent et se recroquevillent vers le bas. Ces signes sont souvent confondus avec une attaque de cicadelle ou de virus. Dans des cas très sévères, les plantes restent atrophiées et peuvent mourir peu après leur émergence. Une toxicité de bore peut être causée par l'épandage d'un engrais contenant du bore trop près de la rangée de plantation ou par une application de B non uniforme. Les symptômes sont le jaunissement et la mort des feuilles le long des marges peu après l'émergence des plantes.

Annexe H
Légumineuses diverses

POIS CHICHES

Autres noms : Cicerole

Nom scientifique : Cicer arietum

Zones de production principales : 90% de la production mondiale provient de l'Inde et du Pakistan, mais les pois chiches représentent également une culture importante dans les pays suivants : Liban, Turquie, Syrie, Iran, Bangladesh, Birmanie, Népal, Colombie, Argentine et Chili.

Adaptation et caractéristiques

Les pois chiches préfèrent des conditions fraîches et semi-arides. Les grains ont une cuticule très perméable et perdent vite leur faculté germinative dans des conditions d'humidité élevée. Ils ont un système de racines profondes et sont des extracteurs très efficaces du phosphore du sol. Ils absorbent très bien l'azote.

Utilisation et valeur nutritive

Les pois chiches sont consommés sous forme de grains

avant qu'ils ne soient mûrs (avec les gousses) ou sous forme de grains mûrs. On les utilise également comme produit de substitution au café, après torréfication. Les grains ont une teneur en protéine d'environ 70%.

De 1975 à 1977 la production mondiale moyenne en pois chiches était de 7 millions de tonnes/an, concentrée surtout en Inde et au Pakistan.

POIS PIGEONS

Autres noms : Gandul

Nom scientifique : Cajanus cajan

Principales régions productrices : Inde, Caraïbes (République Dominicaine et Puerto Rico surtout), Colombie, Panama, Vénézuéla, Moyen-Orient et certaines régions d'Afrique.

Adaptation et caractéristiques

C'est une plante persistante ligneuse, droite et à la vie courte pouvant atteindre une hauteur de trois à quatre mètres. Les cosses sont recouvertes de poils et ressemblent à celles des pois, avec trois à sept graines par cosse. La couleur des graines varie du blanc au rouge ou presque noir. Ces plantes peuvent être utilisées pour couper du vent. Les pois pigeons résistent très bien à la sécheresse et tolèrent une grande variété de sols et de conditions de précipitations. On les traite généralement comme des plantes annuelles ou bisannuelles et on les élague pour encourager la formation de branches après chaque cueillette. On les combine souvent avec des cultures de maïs, de millet, de sorgho, de haricots et de courges. Pour les variétés précoces, il faudra attendre 12 à 14 semaines pour la formation des cosses et en tout cinq à six mois pour qu'ils parviennent à maturité.
Les variétés tardives mettent 9 à 12 mois. Bien que les plantes poussent sur trois à quatre ans, les rendements auront tendance à diminuer. Il est souvent préférable de les traiter

comme une plante annuelle ou de l'amputer et de faire des récoltes de recépage, utilisant les branches et les feuilles coupées pour l'alimentation du bétail.

Il n'existe pas de chiffres de production régionale pour les pois pigeons, mais la production mondiale est probablement la moitié de celle des pois chiches.

Les rendements en cosses vertes varient de 1.000 à 4.000 kg/ha, des productions de l'ordre de 8.000 kg/ha n'étant pas impossibles. Les rendements en grains secs sont de l'ordre de 600 à 1.100 kg/ha, parfois 2.000 kg/ha. Ces plantes sont de très bons fixateurs d'azote.

Valeur nutritive et utilisations

On les consomme verts ou secs (parfois avec les cosses). Les grains secs, une fois mûrs, contiennent environ 20% (...) On utilise les tiges et les branches sèches comme combustible, comme chaume pour les toits et pour en faire des paniers. Ils constituent également un bon matériau de fourrage et de fumier vert (engrais organique). On les utilise également pour couper du vent et pour lutter contre l'érosion des sols sur les terrains en pente.

HARICOTS DE LIMA

Nom scientifique :

Principales régions productrices : C'est une des cultures légumineuses les plus répandues dans les zones tempérées et tropicales. Les haricots de Lima constituent la principale culture légumineuse des régions humides de forêts tropicales en Afrique et en Amérique latine. Très répandue au Libéria, à Burma et au Nigéria.

Types

La recherche génétique a concentré ses efforts sur les variétés buissonnantes non-grimpantes, dont les tiges sont solides et n'ayant pas besoin de support. Cependant,

ces variétés buissonnantes ne sont pas aussi bien adaptées à des conditions chaudes et humides que les variétés grimpantes de haricots de Lima.

Adaptation et caractéristiques

Les variétés grimpantes ont besoin d'un support, soit sous forme d'autre culture, soit sous forme de tuteur. Elles tolèrent un temps plus humide au cours de leur croissance que les doliques ou les haricots ordinaires, mais elles auront besoin d'un temps sec au cours des derniers stages de croissance, si elles sont récoltées mûres. Les haricots de Lima tolèrent moins bien la sécheresse qu'un grand nombre d'autres légumineuses et ils sont très sensibles à l'acidité du sol (le pH optimal est de l'ordre de 6-7). Ces variétés sont soit neutres soit "à jour court" en ce qui concerne leur photosensibilité. Aux tropiques, on a cultivé les variétés grimpantes à des altitudes pouvant atteindre 2.400 m.

Valeur nutritive et utilisations

Les haricots de Lima sont cultivés surtout pour leurs haricots secs écossés, mais on fait parfois cuire les graines pas encore mûres, ainsi que leurs cosses et leurs feuilles comme légumes. Les feuilles, les cosses et les graines de certaines variétés ont un niveau d'acide cyanhydrique (HCN) dangereux, mais on peut faire disparaitre ce danger en les faisant bouillir et en changeant l'eau de cuisson. Les variétés dont la graine est colorée ont un taux de HCN plus élevé que les variétés à graine blanche.

Ces plantes sont également utilisées comme fumier vert et comme culture de couverture (pour protéger le sol contre l'érosion). Les graines contiennent environ 20% de protéine sous forme mûre et sèche.

HARICOTS MUNG

Autres noms : Pois chiche doré, pois chiche vert.
Noms scientifiques : Phaseolus aureus.

Les haricots mung constituent une importante culture en Inde, en Chine et aux Philippines et ont été introduits dans d'autres régions. Ils résistent relativement bien à la sécheresse mais sont sensibles à un mauvais drainage du sol. On en consomme les graines mûres, les cosses vertes et les bourgeons après les avoir fait bouillir. Cette culture est également utilisée comme fourrage, comme fumier vert ou comme culture de couverture du sol. Les haricots mung sont de bons fixateurs d'azote.

HARICOTS DE SOJA

Nom scientifique : Glycine max.

Les principales régions productrices de soja sont les Etats-Unis, le Brésil, l'Argentine, la Chine et d'autres parties d'Asie du Sud-Est, mais ils sont cultivés partout dans le monde. Il est réputé pour avoir une forte teneur en protéine (35-40%), et cela a décidé un grand nombre de volontaires-coopérants à introduire la culture du soja dans leurs zones de travail. Il faudra cependant être conscient des problèmes potentiels suivants :

- D'autres légumineuses locales peuvent être mieux adaptées à la région. Le soja ne tolère pas bien l'acidité du sol et préfèrent un pH entre 6 et 7. De fortes précipitations et une humidité importante favorisent la présence d'insectes et de maladies.

  Il est surtout cultivé pour l'exportation et pour en faire de l'huile et de la farine, cette dernière étant utilisée pour l'alimentation du bétail.

- Les haricots de soja, une fois cuits, ont une saveur et une odeur assez désagréables, ce qui peut les rendre peu appétissants. Cependant, l'Université d'Illinois a mis au point une méthode de cuisson peur onéreuse permettant de pallier à ce problème. Les

arachides ont, par rapport au soja, l'avantage d'être une culture monnayable en plus d'une culture vivrière et résistent également mieux à la sécheresse.

- Comme le sorgho et le millet, le soja est très photosensible à la longueur du jour, et les diverses variétés ont un champ d'adaptation nord-sud très étroit quand on quitte leur zone d'origine. Les variétés cultivées dans la région productrice de maïs aux Etats-Unis sont généralement cultivées avec des jours d'été longs et, quand on essaie de les cultiver aux tropiques, où les jours sont plus courts, on obtient des plantes naines qui parviennent à maturité beaucoup trop rapidement. Il existe cependant des variétés adaptées aux tropiques.

- Bien que le soja soit un très bon fixateur d'azote, il requiert la présence d'un type unique de bactérie du genre Rhizobia qu'il sera pratiquement impossible de trouver dans un sol n'ayant pas déjà produit du soja. Dans de tels cas, il faudra innoculer la graine avec une bactérie Rhizobium japonicum que l'on peut trouver dans le commerce. Les Rhizobia du soja réagissent mal à un pH du sol au-dessous de 6.

HARICOTS AILES

Nom scientifique : Photocarpus tetragonalus.

Les haricots ailés ne sont pas une culture de plantation, mais on en parle beaucoup comme d'une "culture miracle". Pour clarifier le sujet, on trouvera ci-dessous un certain nombre de renseignements sur cette culture.

Ce sont des plantes grimpantes volubiles atteignant plus de trois mètres de hauteur quand elles ont un support et produisant des cosses comportant quatre "ailes" longitudinales laciniées pouvant contenir jusqu'à 20 graines. Les haricots ailés sont adaptés aux conditions d'humidité des tropiques et possèdent un certain nombre de caractéristiques importantes :

- La graine sèche contient environ 34% de protéine et 18% d'huile, ce qui la rend comparable au soja. Les feuilles et les cosses peuvent également être consommées vertes.

- Certaines variétés produisent des tubercules mangeables dont on a estimé le taux de protéine à 20% ; certains chercheurs pensent que ce chiffre est considérablement

exagéré.

- C'est une légumineuse très bonne fixatrice d'azote et elle produit de bons rendements. On a rapporté des rendements de 2.500 kg/ha de graines sèches mûres.

Les haricots ailés présente également certains inconvénients :

- Il faut leur mettre un tuteur si on veut qu'ils fleurissent convenablement ; on peut également les cultiver sans tuteur pour leurs tubercules.

- Il faudra faire cuire les graines selon une technique spéciale ; elles mettent longtemps à cuire dans l'eau. Les graines mûres, une fois cuites, ont un goût prononcé qui peut ne pas plaire. Cependant, on ne peut pas les consommer sous forme de grumeaux et de tofu comme le soja. Les graines ont certaines propriétés d'inhibition métabolique (digestive) qui n'ont pas fait l'objet de recherche adéquate.

En général, il vaut mieux laisser aux professionnels associés à un centre de recherche disposant des capitaux, du temps, des connaissances et de la discipline nécessaires la tâche d'introduire une nouvelle culture dans une région. La mission des travailleurs des services de vulgarisation est de fournir des recommandations testées pour les produits cultivés dans une certaine région.

Annexe I
Recherche des problèmes agricoles les plus courants

La résolution des problèmes d'agriculture requiert une grande expérience ainsi qu'un travail de détection. Certaines anomalies, comme le flétrissement ou le jaunissement des feuilles, peuvent avoir un grand nombre de causes.

Il faudra d'abord apprendre à distinguer ce qui constitue une croissance anormale par rapport à une croissance normale lors de l'inspection du champ d'un exploitant. Observer la présence de symptômes : couleur anormale, atrophie, flétrissement, tavelures des feuilles et traces d'insectes. Examiner soigneusement les plantes affectées, y compris leur système de racines et l'intérieur de la tige, à moins que le problème ne soit évident. Obtenir auprès de l'exploitant le détail des méthodes de gestion agricole pouvant avoir une influence sur le problème (par exemple : l'application d'engrais et de pesticide, le nom de la variété de la culture concernée, etc..) Il faudra remarquer si le problème se produit uniformément dans tout le champ ou par endroits. Ce sont des indices importants, certains problèmes comme la présence de nématodes et un mauvais drainage du sol affectant rarement le champ dans son entier.

Outils

Un canif pour déterrer les graines ou couper la tige d'une plante pour vérifier la présence de pourriture des racines et de la tige ou celle d'insectes térébrants.

- Une pelle ou une truelle pour examiner les racines des plantes ou vérifier la présence d'insectes dans le sol ou le niveau d'humidité.

- Une loupe de poche pour faciliter l'identification d'insectes et de maladies.

- Un kit pour tester le pH du sol pour vérifier le niveau de pH dans la couche arable et le sous-sol. Celui-ci est particulièrement utile dans les régions où le sol a un haut niveau de pH. Se méfier des kits bon marché, surtout ceux utilisant du papier de tournesol. Le kit Hellige-Truog est un des meilleurs et coûte 15 dollars U.S.

Guide d'identification des problèmes

ASPECT DE LA CULTURE	CAUSES PROBABLES
MAUVAISE EMERGENCE DES JEUNES PLANTS (Déterrer soigneusement une section de la rangée de plantation et examiner les graines)	Graine à mauvaise germination Plantation trop ou trop peu profonde Croûte du sol ou trop de mottes Manque d'humidité Planteuse bouchée Graines enportées par de fortes pluies Brûlure d'engrais Atrophie de pré-émergence Oiseaux, rongeurs Insectes se nourrissant des graines (larves de taupins, asticot de la graine de maïs, doryphore de la graine de maïs)
FLETRISSEMENT (Déterrer soigneusement quelques plantes avec une bêche ou une pelle et examiner les racines. Examiner la tige pour vérifier la présence d'insectes térébrants ou de tissu pourri ou décoloré)	Manque d'humidité dû à la sécheresse ou à une irrigation insuffisante ou irrégulière Maladies (flétrissement fongueux ou bactérien, certains types de pourritures) Températures très élevées, surtout si elles sont combinées avec de la sécheresse et du vent Elagage des racines par la herse ou le cultivateur Nématodes (surtout si les symptômes apparaissent par endroits et quand les plantes flétrissent en dépit d'un apport d'eau suffisant)

ASPECT DE LA CULTURE	CAUSES PROBABLES
FLETRISSEMENT (cont.)	Tiges cassées ou nouées
RECROQUEVILLEMENT OU ENROULEMENT DES FEUILLES	Manque d'humidité (maïs, sorgho, millet) Virus Insectes suceurs de sève (tige ou feuilles) Manque de bore ou de calcium (haricot seulement) Flétrissement du verticille (arachides)
DESSECHEMENT, PLISSEMENT DES FEUILLES	Aphidés, cicadelles se nourrissant des feuilles ou des tiges
"BRULURE" OU BRUNISSEMENT DES FEUILLES	Sécheresse Chaleur excessive Brûlure d'engrais Excès d'insecticide Endommagement par Dipterex, Azodrine (Nuvacron) ou méthyle (sorgho) Endommagement dû à un herbicide Déficience en éléments nutritifs Toxicité d'alumimium, de fer ou de manganèse dûe à une acidité excessive (pH inférieur à 5,5) Salinité ou problèmes de sodium (surtout dans les régions à faibles précipitations irriguées) Toxicité de bore causée par l'eau d'irrigation (régions à faibles précipitations) ou mauvaise application d'engrais boré
PLANTES TROP HAUTES, TIGES TROP FINES	Manque de lumière solaire dû à une surpopulation ou à de longues périodes de temps très couvert
TROUS DANS LES FEUILLES	Chenilles Doryphores Forficules Criquets Escargots, limaces, surtout

ASPECT DE LA CULTURE	CAUSES PROBABLES
TROUS DANS LES FEUILLES (cont.)	sur les haricots (repérer la présence de traînées de salive) Décomposition de tissus morts causée par une tavelure des feuilles fongueuse ou bactérienne
FEUILLES TACHEES	Tavelure fongueuse ou bactérienne des feuilles Virus Insectes suceurs de sève Engrais renversé accidentellement sur les feuilles Vaporisation d'herbicide emporté par le vent, surtout le paraquat (Gramoxone) Brûlure du soleil (haricots)
MALFORMATION DES FEUILLES, TIGES RECOURBEES OU ENROULEES (Plantes à feuilles larges seulement)	Dégâts causés par un herbicide de type 2, 4-D emporté par le vent ou vaporisateur contaminé (Cultures à feuilles larges seulement)
TACHETURE, MALFORMATION DES FEUILLES, MALFORMATION DES PLANTES	Virus
STRIURE DES FEUILLES	Déficience en éléments nutritifs Virus Problèmes génétiques
JAUNISSEMENT, ATROPHIE	Déficience en éléments nutritifs Mauvais drainage du sol Nématodes pH trop bas (acidité excessive) Pourriture des racines et de la tige
DEFOLIATION SUBITE DES PLANTES	Fourmis coupant les feuilles, animaux de pâture
PLANTES COUPEES AU RAS DU SOL	Agrotis des moissons Taupe-grillon
TUNNELS ENROULES DANS LES FEUILLES	Insectes térébrants des feuilles
LES JEUNES PLANTES S'AFFAISSENT PRES DU SOL ET MEURENT	Nielles fongueuses des jeunes plantes Formation de noeuds de chaleur

ASPECT DE LA CULTURE	CAUSES PROBABLES
	sur la tige (haricots)
MAUVAISE CROISSANCE, MANQUE DE VIGUEUR	Trop sec ou trop humide Trop chaud ou trop froid Insectes, maladies Mauvaises herbes Variété non-adaptée pH trop bas Problèmes de salinité ou d'alcalinité Surpopulation Sol trop peu profond Compaction du sol, formation d'une couche dure Mauvais drainage Déficience nutritive Mauvaises méthodes d'application d'engrais Nématodes Temps trop couvert Traces d'herbicide précédent Mauvaise gestion d'ensemble Graines endommagées (haricots)
VERSE OU TIGE CASSEE (Maïs, sorgho, millet)	Surpopulation Pourriture des tiges Vers des racines Vent trop fort Déficience en K
MAUVAISE NODOSITE SUR LES ARACHIDES, LES DOLIQUES, LE SOJA ET AUTRES LEGUMINEUSES BONNES FIXATRICES DE N (Déterrer soigneusement le système des racines et examiner la formation des nodules ; la présence de grappes de nodules succulentes, surtout sur la racine pivotante, rougeâtres à l'intérieur, est l'indice d'une bonne formation de nodules. Ne pas confondre nodules et galles de nématodes!)	Le sol n'a pas le bon type de Rhizobia - il faut inoculer la graine Mauvaise innoculation : mauvais type de bactérie, produit d'innoculation trop vieux ou pas bien entreposé Exposition de la graine à une lumière solaire excessive ou à un engrais ou à certains fongicides de traitement de la graine Acidité excessive (le soja surtout est sensible à un pH du sol inférieur à 6,0) Déficience en molybdène Les plantes sont trop jeunes (les nodules sont visibles 2-3 semaines après émergence)

Annexe J
Guide d'utilisation des pesticides

Les pesticides sont des poisons utilisés pour détruire certaines plantes et certains animaux qui réduisent la productivité des cultures d'un exploitant. Malheureusement, un grand nombre de pesticides ont cependant des effets secondaires non souhaités et peuvent être dangereux pour des plantes et des animaux non-parasitaires, y compris l'homme.

La toxicité des pesticides sur les animaux peut être très aigue, c'est-à-dire qu'ils vont les rendre malades ou les tuer, ou chronique, c'est-à-dire que les effets peuvent ne pas être apparents avant plusieurs années. Une toxicité chronique peut avoir les formes suivantes :

oncogénicité - causant le cancer
tératogénité - causant des malformations chez les petits
mutagénicité - causant des mutations génétiques
effets reproductifs - affectant la capacité de reproduction

Il est important que l'exploitant et le travailleur des services d'extension soient conscients du niveau de toxicité des produits chimiques avec lesquels ils vont travailler ; le tableau suivant donne une liste de la toxicité relativement aigue de certains pesticides communément utilisés. Les classes de toxicité représentées sont basées sur la toxicité sur les rats par absorption orale et dermique. (1)

(1) Régulations d'étiquetage établies par l'Agence de Protection de l'Environnement U.S. (40 CFR & 162.10)

Classe 1 = la plus dangereuse ; doit comporter une étiquette marquée "danger"
Classe 2 = moins dangereuse ; doit comporter une étiquette marquée "avertissement"
Classe 3 = la moins dangereuse ; doit comporter une étiquette marquée "attention"

Il faut remarquer que les classes de toxicité ne font référence qu'aux effets toxiques aigus et qu'un produit chimique peut être de Classe 3, la moins dangereuse, mais avoir quand même une grave toxicité potentielle à long terme.

La toxicité aigue est classée selon la dose de pesticide mortelle à 50% sur les animaux de laboratoire qui l'avalent (orale LD_{50}) ou qui l'absorbent par la peau (dermique LD_{50}). Le LD_{50} d'un pesticide est mesuré en milligrammes de produit chimique pur par kilo de poids du corps des animaux de laboratoire (mg/kg). Plus le LD_{50} est bas, moins il faudra de produit chimique pour tuer 50% des animaux de laboratoire, et plus la toxicité du pesticide est élevée. Il existe plusieurs importantes considérations relatives à l'utilisation des classifications de LD_{50}.

1. Les classifications de LD_{50} sont basées sur les quantités de 100% de puissance de 1% à 95%. Après dissolution dans de l'eau pour vaporiser le produit, sa puissance réelle peut n'être que d'environ 0,1 à 0,2 %. En règle générale, un pesticide qui est très toxique sous forme de concentré (Classe 1) sera toujours dangereux une fois dilué pour parvenir au taux de concentration qui le rend efficace.

2. Les classifications de LD_{50} ne tiennent pas compte des effets cumulatifs d'une exposition répétée.

3. Si on les renverse sur la peau, les insecticides liquides sont plus facilement absorbés que les poudres humidifiables ou les poudres fines.

4. Il faut remarquer que certains insecticides, comme le TEPP et la Phosdrine sont tout aussi toxiques par absorption orale ou dermique.

5. Même les insecticides de Classe 3 (la moins dangereuse) comme le Malathion, peuvent causer un grave empoisonnement si une quantité suffisante est avalée ou absorbée par la

peau, surtout sous forme de concentrés.

Les pesticides comprennent les insecticides, les fongicides, les herbicides, les nématicides et les raticides. En général, les herbicides et les fongicides ne font pas partie des catégories extrêmement toxiques (1 et 2) tandis qu'un bon nombre d'insecticides et de nématicides sont d'utilisation très dangereuse.

On trouvera au Tableau J-1 une liste partielle des insecticides, avec leurs LD50 dermiques et oraux ainsi que le groupe chimique auquel chaque insecticide appartient comme suit :

CH = hydrocarbure chloruré
OP = phosphate organique
C = carbamate
M = divers

L'antidote d'un poison varie selon le groupe chimique auquel il appartient. Cette différence mise à part, il est difficile de faire des distinctions significatives entre ces groupes chimiques. Par exemple, l'Aldrine, le DDT, l'Endrine, l'Heptachlor, le Lindane et le Kelthane (dicofol) ont de longues vies résiduelles et sont tous des CH. Cependant, en ce qui concerne leur toxicité immédiate, ils varient grandement - le DDT est de Classe 4 (la moins dangereuse), tandis que l'Endrine est de Classe 1 (la plus dangereuse). D'autres CH, comme le Méthoxychlor, ont des vies résiduelles relativement courtes. Les OP et les C se décomposent relativement rapidement, mais varient grandement également dans leur toxicité.

Noms des insecticides : Il faut noter que chaque insecticide peut être commercialisé sous différents noms de marque. Un grand nombre de bulletins des service d'extension font référence aux insecticides par leur noms chimiques, et pas par leur nom de commerce (par exemple, le carbaryle est commercialisé sous le nom de Sévin). Cela peut prêter à confusion quand il s'agit d'identifier

les insecticides.

Les pesticides suivants ont été suspendus ou retirés du marché aux Etats-Unis et leur utilisation n'est pas recommandée dans les projets agricoles internationaux :

DDT	Mirex	DBCP
Aldrine	Chlordane	2, 4, 5-T
Dieldrine	Heptachlore	BHC (hexochlorure de benzène)
Endrine	TOK	Amitroz
	Kepone	Pirimicosb
		gardona
		diméthoate (poudres seulement)
		galecron*

*Ne peut être utilisé qu'avec certaines conditions de manipulation spéciale sur des cultures non-vivrières (cathon) où les mélanges et le remplissage des appareils peuvent être soigneusement contrôlés.

Tableau J-1 Toxicité de certains insecticides sélectionnés

Catégorie I

Nom courant	Autres noms chimiques ou commerciaux	LD_{50} Oral	LD_{50} Dermique	Groupe Chimique
Dasanit 6	Terracur, fensulfothion	2-10	3-30	OP
Disyston 6	Disulfoton, Fruminal,	7	15	OP
Dyfonate 6	Fonofos	8	25	OP
Endrine 2,5,6	Hexadrine	1	18	CH

---

2. Longue vie résiduelle (3-10 ans)

3. Vie résiduelle modérément longue (1-3 ans)

4. Toxicité orale élevée, toxicité dermique (peau) faible

5. Banni ou retiré du marché aux Etats-Unis

6. Pesticide restreint aux Etats-Unis, étant donné le très haut danger qu'il représente pour les hommes

7. Produits chimiques sous le contrôle du RPAR (processus de présomption de réfutation) de l'Agence pour la Protection de l'Environnement

Tableau J-1 (suite)

Nom courant	Autres noms chimiques ou commerciaux	LD50 Oral	LD50 Dermique	Groupe Chimique
Parathion 6	Ethyle parathion, Bladan, Niran, E-605, Polidol E-605, Phoskil, Orthophos, Ekatox, Parathène, Panthion, Thiopos, Alkron	13	21	OP
Phosdrine 6	mevinphos, Phosphène, Menite	6	5	OP
Systox 6	demeton, Solvirex, Systemox, Demox	6	14	OP
Telodrin	isobenzan	5-30	5-30	CH
TEPP 6	Tetron, Vapotone, Kilmite 40	1	2	OP
Thimet 6	phorate, Rampart	2	6	OP
Temik 6	aldicarb	1	-de 5	C
Aldrin 2,5	Aldrite, Aldrosol, Drinox, Seedrin, Octalene	39	98	CH
Azodrin 6	Nuvacron, Monocron, monocrotophos	17	126	OP
Bidrin 6	Ekafos, Carbicron	21	43	OP
Birlane 6	chlorfenvinphos, Supona, Sapecron	10-155	108	OP
Dieldrin 2,5	Alvit, Octalox, Dieldrite	46	90	CH
Furadan 4	carbofuran, Curaterr (voir plus bas pour les granulés)	11	10.000	C
Gusathion 6	Guthion, Carfene, azinphosmethyl	12	220	OP
Methyl Parathion 6	Folidol M, Parathion M, Nitrox, Metron, Parapest, Dalf, Partron, Phospherno	14	67	OP
Lannate 6	Methomyl, Nudrin	17-24	1.000	C
Monitor 6	Tamaron, methamidophos	21	118	OP

Tableau J-1 (suite)

Nom courant	Autres noms chimiques ou commerciaux	LD_{50} Oral	LD_{50} Dermique	Groupe Chimique
Mocap 6	Jolt, Prophos, ethoprop	61	26	OP
Thiodan	endosulfan, Cyclodan, Malix, Thimul, Thiodex	43	130	CH
Trithion	carbophenothion, Carrathion	30	54	OP
Nemacur 6	phenamiphos, fenamiphos	8	72	
	Catégorie II			
BHC 2,5	hexachlorure de benzène, Hexachlor, Benzahex, Benzel, Soprocide, Dol, Dolmix, Hazafor, HCH	600	--	CH
Bux	Bufenkarb, metalkamate	87	400	C
Chlordane	Chlorkill, Orthochlor, Belt, Aspon	335	840	CH
Ciodrin	crotoxyphos	125	385	OP
Diazinon	Basudin, Spectracide, Diazol, Gardentox, Sarolex	180	900	OP
Dibrom	naled, Bromex	250	800	OP
Dimethoate	Cygon, Rogor, Perfekthion, Roxion, De-Feud	215	400	OP
Dursban	chlorpyrifos, Lorsban	97-276	--	OP
Dipterex	Dylox, Klorfon, Danex Trichlorfon, Neguvon, Anthon, Bovinox, Proxol, Tugon, Trinex	180	2.000	OP
Folimat	methoate	50	700	OP
Folithion	Nuval, Agrothion, fenitrothion	500	1.300	OP
Hostathion	triazaphos	80	1.100	OP

Tableau J-1 (suite)

Nom courant	Autres noms chimiques ou commerciaux	LD_{50} Oral	LD_{50} Dermique	Groupe Chimique
Heptachlor 2, 5	Drinox H-34, Heptamul	100	195	CH
Lebaycid	Fenthion	200	1.300	OP
Lindane 2	Gamma BHC, Gammexane Isotox, OKO, Benesan, Lindagam, Lintox, Novigam Silvanol	88	1.000	CH
Metasystox	oxydemetonmethyl	47	173	OP
Mirex 5	dechlorane	300	800	CH
Toxaphene 3, 7	Motox, Strobane T, Toxakil, Magnum 44	90	1.075	CH
Unden	Baygon, Suncide, Senoran, Blatanex, PHC Porpoxur	100	1.000	C
Vapona	DDVP, dichlorvos, Nuvah Phosvit	90	107	OP
	Catégorie III			
DDT 2, 5	Anofex, Genitox, Gesarol, Neocid, etc..	113	2.510	CH
Galectron	chlordimeform, Fundal	127-372	3.000	OP
Gardona 5	Appex, Rabon	4.000	5.000	OP
Kelthane 3	dicofol, Acarin, Mitigan	1.100	1.230	CH
Malathion	Cythion, Unithion, Emmatos, Fyfanon, Malaspray, Malamar, Zithiol	1.375	4.444	OP
Methoxychlor	Marlate	5.000	6.000	OP
Morestan	Forstan	1.800	2.000+	
Orthene	Acephate, Ortran	866	----	OP

Tableau J-1 (suite)

Nom courant	Autres noms chimiques ou commerciaux	LD_{50} Oral	LD_{50} Dermique	Groupe Chimique
Sevin	carbaryl, Vetox, Ravyon Tricarnam	850	4.000	C
Tedion	Tetradifon	14.700	10.000	CH
Volaton	phonim, Valexon	1.845	1.000+	OP
Actellic	pirimiphos-methyl, Blex Silosan	2.080	2.000+	OP

L'utilisation des pesticides suivants est restreinte aux Etats-Unis, basé sur le danger qu'ils présentent pour les hommes, et leur emploi n'est pas encouragé dans les projets agricoles internationaux sur les petites exploitations :

méthyle parathion
éthyle paralthion
parathion
methamidophos
methomyl (lannote)
tamaron (monitor)
carbofubon (sauf sous forme de granulés)
dyfonate
trithion

Les pesticides suivants font l'objet de recherches aux Etats-Unis par l'Agence pour la Protection de l'Environnement conformément au Programme RPAR. Ces pesticides présentent des risques possibles dans les cinq domaines suivants, mais ces risques n'ont pas été prouvés et leur utilisation est par conséquent permise :

1. Toxicité aigue
2. Toxicité chronique, y compris des effets oncogènes et mutagènes
3. Autres effets chroniques
4. Peuvent affecter la faune
5. Manque de traitement d'urgence.

Les pesticides étudiés par le RPAR comprennent les produits suivants :

Beronyl — EBDC, y compris le Maneb, mancozeb, metiram, nodam, zireb, amobam

Cadmium	Dibromure d'éthylène
Captan	Oxide d'éthylène
Diallate	Produits inosyohk dérivés de l'arsenic
	Lindane
	Maleic hydrozide
	Sulfate
	Toxaphène
	Trifnaraline

Informations générales sur les insecticides courants

I. Bacillus Thuringiensis

Insecticide biologique fabriqué à partir d'une bactérie naturelle et utilisé pour lutter contre certains types de chenilles ; surtout efficace contre les chenilles arpenteuses du chou mais également contre les chenilles des sphingidés (Protoparce) et les vers de l'épi (Heliothis). N'est pas toxique pour les hommes ni les animaux. Les insectes ne meurent pas tout de suite, mais ils cessent de se nourrir dans les heures qui suivent - ils peuvent mettre plusieurs jours à mourir. Appliquer avant que les chenilles n'aient atteint une trop grande taille pour obtenir les meilleurs résultats possibles. L'utilisation d'agents d'adhérence n'est pas nécessaire pour la plupart des formules. Compatible avec la plupart des autres pesticides. Ne pas entreposer la solution de vaporisation diluée pendant plus de 12 heures. Les dosages varient grandement selon les formules.

II. Diazinon (Basudine, Diazol, etc..)

Son application est très diversifiée et comprend la luttre contre un grand nombre d'insectes du sol, mais il n'est pas aussi efficace contre les doryphores (sauf sur le doryphore mexicain du haricot). Très toxique pour les abeilles.

Lutte contre les insectes au-dessus du sol : 4 cc/litre de Diazinon 25% CE ou de Basudine 40% PH.

Diméthoate (PerfekthionR, CygonR, RogorR, etc..)

C'est un insecticide systématique à la toxicité modérée pour les hommes (Classe 2). Spécifique aux

insectes suceurs de sève (aphidés, cicadelles, thrips, punaises, ariciens, etc..) et aux térébrants des feuilles. Doit être efficace pendant 10-14 jours. Ne pas appliquer dans les 14-21 jours précédent la moisson. Très toxique pour les abeilles avec un effet résiduel d'un à deux jours. On trouvera ci-dessous les dosages généraux pour les trois formules les plus courantes (tous concentrés émulsifiables) :

Formule de diméthoate	Dosage cc/100 litres
200 g de principe actif/litre	100-200
400 g de principe actif/litre	50-100
500 g de principoe actif/litre	50-75

Dipterex (trichlorfon, Dylox^{R}, Danex^{R}, Klorfon^{R}, etc..)

Permet de lutter relativement efficacement contre une gamme assez étendue d'insectes, mais il n'est pas aussi efficace sur les aphidés, les acariens et les thrips. Le Dipterex cause de gros dégâts sur le sorgho. Toxicité pour les hommes : faible à élevée.

Lutte générale contre les insectes au-dessus du sol : 125-250 cc (100-200 grammes) de Dipterex pour 100 litres d'eau ou 5-10 cc.

Chenille de la leucanie ou vers de l'épi se nourrissant du verticille des feuilles ou de maïs : Les granulés de Dipterex 2,5% sont efficaces plus longtemps que les vaporisations ; en appliquer une pincée dans chaque verticille, ce qui se traduit en environ 10-15 kg de granulés/ha (livres/acre). 100 cc de granulés pèsent environ 60 g.

Furadan (Carbofuran)

Insecticide-nématocide systématique disponible en 3 formules de granulés (3%, 5%, 10%) et sous forme de poudre humidifiable. La poudre humidifiable est cependant considérée trop toxique pour pouvoir être utilisée normalement ; le produit chimique pur a une toxicité orale extrêmement élevée mais une toxicité dermique très faible. Les granulés de

Furadan sont appliqués au sol soit dans le sillon de plantation soit en bande centrée au-dessus de la rangée de plantation ; le furadan tue les nématodes du sol et les insectes du sol mais il est également absorbé par les racines et émigre partout dans la plante où il permet de contrôler les insectes suceurs de sève, les térébrants de la tige et les doryphores et les chenilles se nourrissant de feuilles pendant 30 à 40 jours. On recommande un traitement en bande pour les insectes du sol se nourrissant de racines, tandis que des applications dans les sillons de plantation peuvent être utilisées pour les insectes foliaires. Le Furadan peut également être appliqué en bande au cours de la saison de croissance s'il est mélangé au sol avec un cultivateur ou il peut être appliqué au verticille des feuilles du maïs. Peut causer des dégâts mineurs sur les feuilles d'arachides ; ne pas mettre en contact avec la graine de haricot ou de sorgho.

Kelthane (dicofol, Acarin, Mitigan, Carbax)

Ne tue que les acariens ; n'est pas nuisible aux insectes utiles. Assure un bon contrôle initial des acariens et possède une bonne activité résiduelle contre ceux-ci ; non-systématique. Vaporiser le dessous des feuilles. Ne pas donner les résidus des récoltes en nourriture aux animaux élevés pour le lait ou la viande. Faible toxicité (Classe 3).

Dosage général : Utiliser la formule PH à 35% à raison de quatre à cinq cc par litre d'eau. Utiliser le CE à 18,5% à raison de 1,5 cc par litre d'eau.

Lebaycid (Fenthion, Baytex, Baycid)

Phosphate organique à toxicité relativement faible (Classe 2) pour les insectes suceurs de sève, y compris les acariens. Ne pas vaporiser les plantes quand les températures sont supérieures à 32°C. Très toxique pour les abeilles avec une activité résiduelle de deux à trois jours.

Dosage général pour le Lebaycid : Utiliser le Lebaycid PH

à 40% à raison de 1,5 à 2 g par litre d'eau ; utiliser le Lebaycid CE à 50% à raison de 1 à 1,5 cc/litre d'eau.

Malathion (Cythion, Unithion, Mala en vaporisation)

Efficace contre une grande variété d'insectes ; faible toxicité pour les hommes (Classe 3). N'est pas aussi efficace sur les chenilles de la leucanie, les vers de l'épi et les puces terrestres. Son activité résiduelle diminue si on le mélange avec de l'eau avec un pH supérieur à 8,0.

Peut être mélangé à d'autres pesticides sauf le Bordeau et le sulfate de chaux. Les formules liquides sont modérément toxiques pour les abeilles avec un effet résiduel de moins de deux heures ; les formules en poudre humidifiable sont extrêmement toxiques mais ont un effet résiduel sur les abeilles de moins d'un jour.

Dosage général pour le Malathion : Quatre à cinq cc de Malathion 50% ou 57% en CE par litre d'eau. Utiliser le Malathion 25% PH à raison de 12 cc/litre.

Utilisation du Malathion pour lutter contre les insectes s'attaquant au grain entreposé

Le grain à entreposer devra être traité contre les insectes d'entreposage. Un agent de protection du grain dont l'usage est approuvé appliqué au grain au moment de l'entreposage permettra de prévenir une infestation précoce. Un Malathion de qualité supérieure constitue le seul agent de protection disponible. Le Malathion peut être appliqué sous forme de poudre fine ou de vaporisation dans les proportions suivantes :

1. Poudre fine à 1% sur la farine de blé à raison de 60 livres pour 1.000 boisseaux de grain.
2. Une pinte de CE à 57% (cinq livres/gallon) dans trois à cinq gallons d'eau pour 1.000 boisseaux de grain.

Appliquer le produit au grain au fur et à mesure qu'il est entreposé. Ce traitement est efficace pendant environ quatre mois.

Sevin (carbaryl, Vetox, Ravyon, etc..)

Pour une grande variété d'insectes sauf les aphidés et les acariens. Toxicité très faible pour les hommes (Classe 3).

Très toxique pour les abeilles avec un effet résiduel de 7 à 12 jours.

Dosage général pour le Sevin : Utiliser la PH (poudre humidifiable) 50% à raison de 8 à 16 cc/l. Utiliser la PH 80% à raison de 5 à 10 cc/l ou 1,25 à 2,5 cuillerées à soupe par gallon. Peut être appliqué jusqu'au moment de la moisson sur les cultures de référence.

Dosage domestique : Pour les cafards et les fourmis, l'utiliser en vaporisation à 2,5% (de principe actif) ; cela équivaut à environ 100 cc de Sevin 80 PH par litre d'eau ; ne pas utiliser plus de deux fois par semaine.

Tiques, poux, puces, mouches à boeuf sur le bétail, les chevaux et les porcs : Utiliser 20 cc de 80% PH par litre d'eau. Ne pas appliquer dans les cinq jours précédant l'abattage.

Poux et puces des volailles : Utiliser dans les mêmes proportions que pour le bétail à raison d'environ 4 litres pour 100 volailles ; ne pas appliquer dans les sept jours précédant l'abattage.

Volaton (Valexon, phoxim)

Substitut moins toxique et moins persistant que l'Aldrin pour lutter contre les insectes du sol. Faible toxicité pour les hommes. Egalement disponible sous forme liquide pour les insectes des feuilles.

Dosage général pour le Volaton : Utiliser les granulés à 2,5% à raison de 60 kg/ha pour une application en sillons et 120 kg/ha pour une application à la volée. Mélanger aux 5 à 7,5 cm supérieurs du sol.

Fongicides : A l'exception des fongicides à base de mercure utiliser pour le traitement des graines comme l'Agallol, le Semesan et le Ceresan, les fongicides présentent peu de danger. Leur niveau de toxicité orale est comparativement faible et le danger d'absorption dermique est faible. Certains peuvent causer des allergies chez les personnes sensibles par contact avec la peau et ils peuvent également irriter les yeux.

Tableau J-2

CERTAINES RECOMMANDATIONS D'INSECTICIDES POUR LES CULTURES DE REFERENCE[1]

CULTURE ET INSECTE	INSECTICIDE	QUANTITE DE PRINCIPE ACTIF NECESSAIRE kg/ha	REMARQUES/PRECAUTIONS
MAIS			
Agrotis	carbaryl	1,7-2,25	Recettes données pour des appâts empoisonnés.
	trichlorfon	0,9-1,1	Diriger la vaporisation vers la base des plantes ; utiliser le trichlorfon sur des sols à matière organique élevée.
	chlorpyrifos	1,1-2,25	Des appâts empoisonnés sont les plus efficaces. Utiliser de fortes doses de chlropyrifos pour de grosses infestations ; ne pas appliquer le chlorpyrifos dans les 50 jours précédant la moisson. Appliquer les granulés en bande de 18 cm de largeur au-dessus de la rangée au moment de la plantation.
Anguillule (Diabrotica)	Diazinon	1,1	Utiliser le Diazinon en vaporisation post-émergence en bande au-dessus de la rangée quand les symptômes apparaissent
	carbofuran	0,85-1,1	Appliquer en granulés en bande de 18 cm de largeur au-dessus de la rangée à la plantation ou dans le sillon.
Larves de taupins	carbofuran	1,1-2,25	Appliquer dans le sillon ou en bande de 18 cm de largeur au-dessus de la rangée à la plantation ; peut ne pas être efficace par temps sec.
	Diazinon	2,25	Appliquer à la volée sur toute la surface et mélanger aux 10 premiers cm de sol 1 à 2 semaines avant la plantation.

[1] Taux basés sur les données les plus récentes (1978-80) provenant du Ministère de l'Agriculture U.S.A., de l'Université de Caroline du Nord, de l'Université de Clemson (Caroline du Sud) et du CIAT.

CULTURE ET INSECTE	INSECTICIDE	QUANTITE DE PRINCIPE ACTIF NECESSAIRE kg/ha	REMARQUES/PRECAUTIONS
MAIS (suite)			
Doryphores de la graine de maïs, asticot de la graine de maïs, s'attaquant aux graines	Diazinon larves de le Lindane peut aussi être utilisé (voir l'étiquette pour le dosage)	mélanger la poudre ou PH:15 g de principe actif/10 kg de graines.	Manipuler la graine traitée avec des gants en caoutchouc. D'autres produits comme le Lindane peuvent être utilisés
Vers blancs (Phyllophaga)	voir larves de taupins	voir larves de taupins	Ne pas utiliser plus de 1,1 kg/ha de principe actif de Furadan si les vers blancs sont le seul problème.
Aphidés, feuilles de maïs (Rhopalosiphum)	Malathion	0,9-1,2	
Chenilles se nourrissant du verticille des feuilles (Spodoptera, Heltiothis, etc..)	Carbaryl	1,7-2,25	Diriger la vaporisation dans le verticille ; utiliser des taux plus bas pour le jeune maïs.
	Malathion	1,4	Diriger la vaporisation dans le verticille.
	trichlorfon	1,12	Diriger la vaporisation dans le verticille ou utiliser des granulés de Dipterex 2,5% à 10-15 kg/ha (une pincée par verticille).
Puces de terre	carbaryl	1,1	
	Diazinon	0,55	

CULTURE ET INSECTE	INSECTICIDE	QUANTITE DE PRINCIPE ACTIF NECESSAIRE kg/ha	REMARQUES/PRECAUTIONS
MAIS (suite)			
Doryphore, anguillule des racines du maïs (Diabrotica)	carbaryl Dianizon Malathion	1,1 1,1 1,1	Appliquer quand il y a au moins 5 doryphores sur les soies de chaque épi. Diriger la vaporisation sur les soies.
Térébrants de la tige (Diatraea, Zeadiatraea, Busseola, Sesamia, Chilo, Eldana)	Divers produits non-systématiques comme le carbaryl, Dipterex, Furadan	Voir chenilles	La plupart des produits non-systématiques permettent de lutter contre les térébrants de la tige s'ils sont appliqués entre l'éclosion et la pénétration de la tige ; appliquer au bon moment ; vaporiser le verticille. On peut aussi utiliser des granulés de Furadan dans le verticille ou à la plantation ; se reporter aux recommandations locales.
Petits térébrants de la tige du maïs (Elasmopalpu lignosellus)	carbaryl trichlorfon	Dosage général donné à la section précédente	Vaporiser la base des plantes pour que la base de la tige ainsi que le sol adjacent soient recouverts.
SORGHO			
Aphidés	Malathion diméthoate Diazinon	0,55-0,9 0,25-0,37 0,28	Ne pas utiliser le Dipterex ni le parathion de méthyle qui endommagent le sorgho.
Vers de l'épi ou chenille de la leucanie se nourrissant de l'épi	carbaryl	1,7-2.25	Commencer l'application quand il y a une chenille de taille moyenne à grande par épi. Ne pas appliquer dans les 3 semaines précédant la moisson.

CULTURE ET INSECTE	INSECTICIDE	QUANTITE DE PRINCIPE ACTIF NECESSAIRE kg/ha	REMARQUES/PRECAUTIONS
SORGHO (suite)			
Moucheron du sorgho (Contarinia sorghicola)	carbaryl	1,4-1,8	Attendre que 30-50% des épis aient commencé à fleurir ; commencer à vaporiser s'il y a au moins 2 moucherons adultes par épi ; appliquer à temps ; répéter l'application 3-5 jours plus tard s'il y a toujours plus de 2 adultes par épi.
	Diazinon	0,28	
Mouche de la tige du sorgho (Atherigona)	Voir les remarques		Demander des recommandations locales ; le Furadan peut être appliqué à la plantation mais ne doit pas entrer en contact avec la graine.
MILLET			
Voir sorgho et maïs			
ARACHIDES			
Anguillule (Diabrotica)	Diazinon	2,25-3,3	Appliquer en bande de 40-50 cm de largeur centrée au-dessus de la rangée juste avant la formation de pédoncules et mélanger aux 5-7,5 premiers cm de sol.
Vers blancs ou larves de taupin	Diazinon	2,25	Appliquer à la volée avant la plantation et mélanger aux 7,5-10 premiers cm de sol.
Thrips, pucerons sauteurs, aphidés, chenille de la leucanie, traitement à la plantation	carbofuran	1,1	Appliquer dans le sillon à la plantation ; réduire le dosage de 25% sur les sols sableux, surtout s'il s'agit de variétés à stolons. Le Furadan est extrêmement toxique oralement.

CULTURE ET INSECTE	INSECTICIDE	QUANTITE DE PRINCIPE ACTIF NECESSAIRE kg/ha	REMARQUES/PRECAUTIONS
ARACHIDES (suite)			
Petits térébrants de la la tige (Elasmopalpus lignosellus)	Diazinon en granulés	2,25	Appliquer en granulés en bande de 40-45 cm de largeur au-dessus de la rangée ; n'appliquer que s'il y a plus de 10% de plantes atteintes avant floraison ou 15% après ; ne pas utiliser les plantes comme fourrage dans les 7 jours ou comme foin dans les 21 jours.
Chenilles sur les feuilles	carbaryl	1,4-1,8	Les arachides tolèrent bien une perte de feuilles ; n'appliquer que s'il y a au moins 12 chenilles par mètre de rangée ; appliquer quand elles sont encore petites. Ne pas donner des plantes traitées au Toxaphène aux animaux élevés pour la production laitière ou de viande.
Cicadelles	carbaryl	1,1-1,4	Peut être appliqué jusqu'au moment de la récolte.
	Methoxychlor	1,1	Ne pas donner aux animaux des plantes traitées au Methoxychlor dans les 10 jours suivants.
Thrips	carbaryl	1,1-1,7	Peut être appliqué jusqu'au moment de la récolte.
	Malathion	0,9-1,1	Ne pas donner les plantes aux animaux dans les 30 jours suivants.
		1,7-2,25	Ne pas donner les plantes aux animaux élevés pour la production laitière ou de viande
Acariens	Poudre de sulfate	17-23	Appliquer sur le dessous des feuilles une fois/semaine ; aussi contre la tavelure des feuilles (Cercospora).

CULTURE ET INSECTE	INSECTICIDE	QUANTITE DE PRINCIPE ACTIF NECESSAIRE kg/ha	REMARQUES/PRECAUTIONS
HARICOTS			
Agrotis	Appâts	25 kg/ha	Se reporter au début de l'unité IX dans cette section.
	trichlorfon	1,1	Vaporiser la base des plantes et le sol adjacent.
Vers blancs, larves de taupin	carbofuran	0,9	Appliquer en bande de 18 cm de largeur au-dessus de la rangée ou dans le sillon mais pas en contact direct avec la graine.
	Diazinon	3,3-4,5	A la volée sur toute la surface et mélanger aux 10 premiers cm de sol avant la plantation.
		1,7	En bande au-dessus de la rangée et mélangé aux 10 premiers cm de sol avant la plantation.
Aphidés	Diazinon	0,55-0,85	
	Malathion	1,4	
	naled	1,1	
Doryphore de la feuille du haricot (Cerotoma) et doryphores Diabrotica	carbaryl	1,1-1,25	Utiliser en petite quantité sur le doryphore de la feuille du haricot.
	Malathion	1,4	
	Methoxychlor	1,1-3,3	
	Diazinon	0,44	
Charançon de la cosse du haricot (Apion godmani) (granulés)	carbaryl	2,25	Appliquer 6 jours après le début de la floraison, puis 1 semaine plus tard.
	Methoxychlor	1,7	
	endosulfan	0,55-1,1	

CULTURE ET INSECTE	INSECTICIDE	QUANTITE DE PRINCIPE ACTIF NECESSAIRE kg/ha	REMARQUES/PRECAUTIONS
HARICOTS (suite)			
Vers de l'épi (Heliothis)	carbaryl	1,7-2,25	
	Methoxychlor	1,1-3,3	
Cicadelles	carbaryl	1,1-1,7	
	Malathion	1,1-2,0	
	Methoxychlor	1,1-3,3	
	naled	1,1	
	carbofuran	0,7-1,0	Appliquer sous la graine mais pas en contact direct ; le carbofuran est très toxique oralement ; dure 30-40 jours
Petits térébrants de la tige (Elasmopalpus-lignosellus)	Diazinon	1,1-2,25	Vaporiser en bande de 15 cm de largeur au-dessus de la rangée pour couvrir la base de la tige et le sol adjacent.
	trichlorfon	1,1	
Doryphore mexicain du haricot (Epilachna)	carbaryl	0,55-1,1	
	acephate	0,75	Ne pas appliquer l'acephate dans les 14 jours précédant la récolte.
	endosulfan	1,1	Ne pas appliquer dans les 3 jours précédant la récolte.
	Malathion	1,35	
	Diazinon	0,55-0,85	
	Methoxychlor	1,1-3,3	
Acariens	Kelthane	0,55-0,66	Ne pas appliquer le dicofol dans les 7 jours avant la récolte.
	diméthoate	0,28-0,56	

CULTURE ET INSECTE	INSECTICIDE	QUANTITE DE PRINCIPE ACTIF NECESSAIRE kg/ha	REMARQUES/PRECAUTIONS
HARICOTS (suite)			
Limaces, escargots	Metaldéhyde, carbaryl ou trichlorfon	25 kg d'appâts empoisonnés/ha	
Pentatomes (Nezara spp)	carbaryl	2,25	
	naled	1,7	Ne pas appliquer dans les 4 jours précédant la récolte
	endosulfan	1,1	Ne pas appliquer dans les 3 jours précédant la récolte.

Danger d'empoisonnement des abeilles par pesticides

La plupart des empoisonnements d'abeilles se produisent quand les insecticides sont appliqués au cours de la période de floraison de la culture. Une vaporisation emportée par le vent constitue également un danger. Pour éviter de détruire les abeilles :

- Ne pas appliquer des insecticides toxiques pour les abeilles quand les cultures sont en fleurs. Les insecticides appliqués sous forme de poudre fine sont les plus dangereux pour les abeilles.
- Ne pas se débarrasser de quantités de poudre ou de solution de vaporisation non-utilisées là où elles peuvent présenter un danger pour les abeilles. Celles-ci butinent parfois n'importe quel type de poudre si le pollen se fait rare.
- Utiliser des insecticides à la toxicité et à l'effet résiduel relativement faibles pour les abeilles.
- Recouvrir ou boucher l'entrée des ruches la veille de la vaporisation et ne les ré-ouvrir qu'une fois que l'effet résiduel est terminé.

Aucun fongicide n'est toxique pour les abeilles. C'est également le cas pour la plupart des herbicides, bien que la Gesaprim (AAtrex, Atrazine) et les herbicides 2,4-D aient une toxicité faible à modérée.

On trouvera ci-dessous un guide partiel donnant la toxicité relative pour les abeilles de divers insecticides. Remarquer les différences dans les effets résiduels.

APPLIQUES EN VAPORISATION

Insecticide	Toxicité pour les abeilles	Effet résiduel
Aldrine	Très élevée	Plusieurs jours
Diazinon	Elevée	Un jour
Dipterex	Faible à élevée	2 à 5 heures
Lebaycid	Très élevée	2 à 3 jours
Kelthane(Dicofol)	Faible	
Methyl parathion	Elevée	Moins d'un jour

(suite de la page précédente)

APPLIQUES EN VAPORISATION

Insecticide	Toxicité pour les abeilles	Effet résiduel
Malathion	Modérée (liquide) Elevée (poudre humidif.)	Moins de 2 heures Moins de 1 jour
Metasystox	Modérée	Aucun
Diméthoate	Très élevée	1 à 2 jours
Sevin	Modérée à élevée	7 à 12 jours

Recommandations générales de sécurité concernant l'emploi d'insecticides

1. Lire et suivre les directions de l'étiquette : Si l'étiquette est vague, essayer d'obtenir une brochure explicative. Tous les insecticides ne peuvent pas forcément être appliqués à toutes les cultures. Une utilisation inappropriée peut endommager les plantes ou résulter en la présence indésirable de résidus. L'étiquette doit indiquer l'intervalle de temps minimum permissible entre l'application et la récolte.

2. Ne jamais acheter des insecticides dans des sacs ou des bouteilles sans étiquette ; vous ne savez pas ce que vous achetez. Cela constitue un sérieux problème dans les pays en voie de développement où les petits exploitants achètent souvent des insecticides dans des bouteilles de Coca-Cola, etc..

3. Quand on travaille avec les exploitants, surtout ceux utilisant un vaporisateur à dos au lieu d'un vaporisateur tiré par un tracteur, ne JAMAIS utiliser ou recommander des insecticides dont la toxicité est de Classe 1. Leur utilisation adéquate requiert des précautions extraordinaires et des dispositifs de sécurité (gants, respirateurs spéciaux, vêtements de protection, etc..) Toutes les fois où c'est possible, éviter d'utiliser des produits de Classe 2. Malheureusement, les brochures de vulgarisation dans un grand nombre de pays en voie de développement recommandent communément des produits de Classe 1 et 2.

4. Si l'on utilise des insecticides de Classe 2, il faudra porter des gants en caoutchouc et un respirateur adéquat (un bon respirateur coûte 15-25$

U.S.), ainsi que des pantalons longs et une chemise à manches longues ; porter des bottes en caoutchouc si on utilise un vaporisateur à dos. Il faudra laver ces vêtements séparément.

5. Ne pas toucher aux plantes dans les cinq jours suivant le traitement avec un insecticide de Classe 1 ou avec le Gusathion (Guthion). Ne pas toucher aux plantes le jour suivant un traitement au méthyl parathion.

6. Les insecticides de Classe 1 et 2 se trouvent plus communément dans les régions de culture du tabac et du coton.

7. Ne pas fumer ou manger lors d'une application de pesticides. Bien se nettoyer après le traitement.

8. Réparer tous les connecteurs et tuyaux qui fuient avant d'utiliser un vaporisateur.

9. Préparer les solutions d'insecticides dans un endroit bien aéré, à l'extérieur de préférence.

10. Ne jamais vaporiser ou appliquer une poudre quand il y a du vent ou contre une brise.

11. Prévenir les apiculteurs le jour précédant la vaporisation.

12. Le danger d'empoisonnement par insecticide augmente par temps chaud.

13. Entreposer les insecticides hors de portée des enfants et loin des produits alimentaires et de l'habitat. Les entreposer dans leurs boîtes d'origine étiquetées et hermétiquement fermées.

14. Les mélanges restant après une vaporisation doivent être versés dans un trou creusé dans la terre loin des ruisseaux et des puits.

15. Ne pas contaminer les rivières ou autres sources d'eau avec des insecticides, que ce soit au moment de l'application ou du nettoyage des outils.

16. S'assurer que les récipient ayant contenu un insecticide ne sont jamais utiliser pour autre chose. Brûler les sacs et les récipients de plastique (ne pas inhaler les fumées). Faire des trous dans les récipients en métal et les enterrer.

17. S'assurer que les exploitants sont bien conscients de ces précautions. Il est important qu'ils comprennent que

les insecticides varient dans leur niveau de toxicité.

18. Il faudra que vous, ainsi que vos exploitants-clients soyez bien familiarisés avec les symptômes d'un empoisonnement par insecticide et avec les mesures de première urgence données ci-dessous.

Symptômes d'un empoisonnement par insecticide

Phosphates et carbamates organiques (Parathion, Malathion, Sevin, etc..)

Ces deux groupes affectent les mammifères en paralysant la production par le corps de l'enzyme cholinestérase qui règle le système nerveux involontaire (respiration, contrôle des selles et des fonctions urinaires et mouvements musculaires).

Premiers symptômes :
Etourdissements, migraine, nausée, vomissements, congestion de la poitrine, transpiration excessive. Ces symptômes sont suivis ou accompagnés de troubles de la vue, diarrhée, larmoiement, salivation excessive, spasmes musculaires et confusion mentale. Un rétrécissement des pupilles constitue également un autre signe.

Symptômes suivants :
Fluide dans la poitrine, convulsions, coma, perte de contrôle urinaire ou de défécation, perte respiratoire.

Note : Une exposition répétée à ces insecticides de phosphates et carabamates organiques peut augmenter la susceptibilité à un empoisonnement en faisant graduellement baisser le niveau de cholinestérase du corps sans produire de symptômes. C'est une condition temporaire. Les dispositifs d'application d'insecticides disponibles dans le commerce aux U.S.A. sont généralement testés pour leur niveau de cholinestérase.

Symptômes d'empoisonnement par hydrocarbone chloruré (Aldrine, Endrine, Chlordane, Dieldrine, etc..)
Anxiété, étourdissements, hyper-excitabilité, maux de tête, fatigue et convulsions. Leur absorption par voie orale peut entraîner des convulsions et tremblements comme

premiers symptômes.

Mesures de première urgence

1. Dans des cas d'empoisonnement grave, la respiration peut cesser, et le bouche à bouche constitue la première priorité. Utiliser toutes mesures de resuscitation cardio-pulmonaire si le coeur a cessé de battre.

2. Si l'insecticide a été avalé et que le patient n'a pas vomi, provoquer un vomissement en administrant une cuillerée à café de sel dissout dans un verre d'eau tiède. Un émétique comme l'Emesis (sirop d'Ipéca) peut être plus efficace. Cela devra être suivi par l'absorption de 30 grammes (1 once) de charbon de bois activé * dissout dans de l'eau pour aider à résorber l'insecticide restant dans les intestins.

3. Amener le patient auprès d'un médecin aussi tôt que possible. Apporter l'étiquette de l'insecticide.

4. En attendant, maintenir le patient allongé et le couvrir.

5. Si des quantités excessives ont été répandues sur la peau (surtout sous forme de concentré), retirer immédiatement les vêtements et asperger la peau avec de grandes quantités d'eau et de savon.

6. Si les yeux ont été contaminés par des poudres ou des solutions de vaporisation, les asperger de grandes quantités d'eau pendant au moins cinq minutes. L'absorption d'insecticide par les yeux est très rapide.

Antidotes

Toutes les fois où cela est possible, les antidotes ne devront être administrées que sous supervision médicale.

*Le charbon de bois activé est fait en faisant chauffer du charbon de bois pour éliminer ses gaz absorbés.

Annexe K
Recommandations générales pour l'application d'herbicides avec un vaporisateur

Il faudra que l'exploitant règle le calibrage de son vaporisateur quand un pesticide doit être appliqué à un dosage précis de façon à éviter d'en appliquer trop, ce qui est un gaspillage d'argent et peut rendre le produit inefficace. Quand ils travaillent sur de petites surfaces, les exploitants peuvent généralement utiliser les recommandations générales données en cc/litre ou en cuillerées à soupe/gallon pour les insecticides et la plupart des fongicides. Cependant, la plupart des herbicides requièrent une application plus exacte, ce qui rend nécessaire la calibration du vaporisateur.

Principes d'application

Quand une recommandation de pesticide est donnée en kg/ha ou en lbs./acre de principe actif ou de produit-même, l'exploitant devra connaitre deux choses avant d'appliquer le dosage correct :

- La quantité de pesticicide nécessaire pour son champ particulier.
- La quantité d'eau nécessaire pour amener le pesticide aux plantes ou au sol et obtenir les résultats adéquats.

Une fois que l'on connait ces données, il ne reste qu'à mélanger les bonnes quantités d'eau et de pesticide et à vaporiser.

CALIBRATION
DES VAPORISATEURS
A DOS

NOTE : Seuls les vaporisateurs à dos avec une action de pompage continue ne devront être utilisés quand une calibration est nécessaire ; les vaporisateurs de type compression (utilisés dans les jardins et qu'il faut poser au sol pour pomper) ne conviennent pas, car leur pression est irrégulière.

Etape 1 : Remplir le vaporisateur avec trois à quatre litres d'eau et commencer à vaporiser le sol ou la culture en utilisant la même vitesse, la même surface et la même pression qui seront utilisées pour appliquer le pesticide. Mesurer la surface couverte par cette quantité d'eau. Répéter ce procédé plusieurs fois pour déterminer la surperficie moyenne de vaporisation. On peut mesurer cette surface en pieds carrés ou en longueur de rangée.

Etape 2 : En se basant sur la surface couverte, on peut calculer la quantité d'eau nécessaire pour couvrir le champ. Par exemple, si trois litres couvrent 60 pieds carrés et que le champ mesure 20 x 30 pieds, il faudra 30 litres d'eau pour couvrir le champ.

Etape 3 : Déterminer le nombre de fois qu'il faudra remplir le réservoir du vaporisateur pour couvrir tout le champ. Par exemple, si le vaporisateur à dos contient 15 l, il faudra le remplir deux fois pour couvrir le champ.

Etape 4 : Déterminer la quantité de pesticide-même dont on aura besoin pour le champ. S'il faut 4 kg de Sevin 50% en poudre humidifiable par hectare et que le champ de l'exploitant a une surface de 600 pieds carrés, il faudra 240 l d'insecticide. Voici la formule à utiliser :

$$\frac{600 \text{ sq.ft.}}{10{,}000 \text{ sq.ft.}} = \frac{X}{4000}$$

$$X = 240$$

Etape 5 : Diviser la quantité de pesticide nécessaire pour couvrir le champ par le nombre de fois qu'il faudra remplir le vaporisateur pour déterminer la quantité de pesticide pour chaque remplissage :

$$\frac{240 \text{ g Sevin 50\% PH}}{2 \text{ remplissages}} = 120 \text{ g Sevin/remplissage}$$

NOTE : Il faudra recalibrer le vaporisateur toutes les fois où il est utilisé sur une différente culture, à une

différente phase de croissance de la culture ou avec un pesticide différent.

Méthode alternative utilisant la longueur de rangée

Quand un pesticide doit être appliqué à une culture cultivée en rangées, on peut se baser sur une mesure de longueur de rangée à la place de la superficie pour calibrer l'appareil.

PROBLEME : Les instructions figurant sur l'étiquette conseillent à Juan d'appliquer du Malathion 50% liquide à raison de 4 l/ha. Son champ mesure 40 x 50 m et les rangées de haricots sont séparées par un intervalle de 60 cm. Son vaporisateur à dos a une capacité de 15 l. Combien de Malathion lui faudra-t-il ajouter à chaque réservoir?

SOLUTION

1. Suivre la même procédure qu'à l'étape 1 de la première méthode mais mesurer la longueur de rangée couverte par les 3 ou 4 litres au lieu de la superficie. Supposons que Juan puisse traiter 150 m de longueur de rangée avec 3 l.

2. Déterminer la longueur totale des rangées en mètres pour son champ. Supposons que les rangées fassent la longueur du champ (50 m).

   Nombre de rangées x 50 m = longueur totale de rangées pour le champ

   $$\text{Nombre de rangées} = \frac{40\ \text{m}}{0{,}8\ \text{m}}$$

   (la largeur du champ)

   (80 cm)

   50 rangées x 50 m = 2.500 m de longueur de rangée dans le champ de Juan.

3. Déterminer la quantité d'eau nécessaire pour couvrir les 2.500 m de longueur de rangée en se basant sur 3 l pour 150 m.

$$\frac{150\ m}{2500\ m} = \frac{3\ l}{x\ l}$$

150 x = 7.500
x = 50 l (quantité d'eau nécessaire pour traiter le champ)

4. Déterminer la quantité de Malathion 50% liquide nécessaire pour traiter le champ en se basant sur 4 l de pesticide par hectare (10.000 m2). Puisque le champ de Juan mesure 40 x 50 m, sa superficie est de 2.000 m2.

$$\frac{2.000\ m2}{10.000\ m2} = \frac{x\ l\ de\ Malathion}{4\ l\ de\ Malathion}$$

x = 0,8 l ou 800 cc de Malathion qui seront nécessaires

5. Trouver la quantité de Malathion qu'il sera nécessaire d'ajouter à chaque réservoir en se basant sur une capacité de 15 l.

$$\frac{50\ l\ d'eau\ nécessaire}{15\ l\ de\ capacité} = 3,33\ remplissages$$

$$\frac{800\ cc\ de\ Malathion}{3,33\ remplissages} = 240\ cc\ de\ Malathion\ 50\%\ liquide\ par\ remplissage\ de\ vaporisateur$$

CALIBRATION DES VAPORISATEURS TIRES PAR UN TRACTEUR

Ce qu'il faut faire avant de calibrer un vaporisateur

- Rincer le réservoir et le remplir d'eau propre.
- Retirer et nettoyer tous les diffuseurs et les grilles. Utiliser une vieille brosse à dents.
- Mettre le vaporisateur en marche et rincer les tuyaux et l'ajutage avec une grande quantité d'eau propre.
- Remettre en place les grilles et les diffuseurs et s'assurer qu'ils correspondent bien à la taille et au schéma de diffusion requis.
- Vérifier tous les joints pour s'assurer qu'ils ne fuient pas.

- Régler le régulateur de pression à la bonne pression, le moteur du tracteur en marche à la vitesse d'opération et avec les diffuseurs en marche.

- Vérifier le débit de l'eau à chaque diffuseur et remplacer ceux dont le débit est de 15% supérieur ou inférieur à la moyenne.

Ne pas oublier de :

- Calibrer le diffuseur en utilisant la même vitesse de traction et la même pression de diffusion qui seront utilisées pour appliquer le pesticide.

Quand on utilise de l'eau pour calibrer la machine, le débit de vaporisation de l'eau peut quelque peu être différent de celui de la solution eau-pesticide étant donné les différences de densité et de viscosité.

Méthode de calibration

1. Conduire le tracteur à la vitesse d'opération dans le champ et mesurer la distance couverte en mètres/minute (1 km/heure = 16,7 m/minute)

2. Faire fonctionner le vaporisateur à la bonne pression, le tracteur restant stationnaire, et mesurer le débit total de vaporisation en litres/minute. Pour ce faire, utiliser un flacon pour mesurer le débit individuel de plusieurs diffuseurs, calculer la moyenne et la multiplier par le nombre de diffuseurs pour obtenir le débit total.

3. Mesurer la largeur de couverture de l'ajutage de vaporisation en mètres. Pour ce faire, multiplier le nombre de diffuseurs sur l'ajutage par leur intervalle en centimètres et diviser par 100 pour obtenir la largeur totale en mètres.

4. Utiliser la formule suivante pour déterminer le nombre de litres d'eau nécessaires par hectare :

$$\text{Litre/hectare} = \frac{10.000 \times \text{débit de l'ajutage en l/m}}{\text{vitesse du tracteur en m/min} \times \text{largeur d'ajutage en m}}$$

Une fois que l'on connait le volume d'eau nécessaire par acre ou par hectare, on peut déterminer la quantité de pesticide à ajouter à chaque remplissage

de réservoir en utilisant le même procédé donné pour les vaporisateurs à dos.

Réglage du débit du vaporisateur

Si le débit d'eau est trop faible ou trop élevé par hectare, changer la taille du diffuseur ou la vitesse de traction. Il est relativement peur efficace de changer la pression de vaporisation et cela peut fausser le schéma de diffusion et entraîner une dérive excessive. Il faudrait multiplier la pression par quatre pour doubler le débit.

COMMENT NETTOYER LES VAPORISATEURS

Dans la plupart des cas, on peut se débarrasser des résidus d'herbicide en rinçant à fond les vaporisateurs à l'eau et au savon. Cependant, les herbicides phenoxy (2,4-D, 24-5%, MCPA, Tordon, etc..) ne partent pas avec des procédures normales de nettoyage et des vaporisateurs contaminés peuvent causer des dégâts s'ils sont utilisés pour appliquer des pesticides sur des cultures à feuilles larges. En fait, il est préférable que les exploitants utilisent un vaporisateur différent pour l'application d'herbicides phenoxy, mais on peut les nettoyer de façon adéquate par la méthode suivante :

Pour les vaporisateurs à dos : Remplir le vaporisateur d'eau et ajouter de l'ammoniac domestique à raison d'environ 20 cc (ml) par litre de capacité de réservoir. Vaporiser une partie de ce mélange en le faisant passer par le diffuseur, puis mettre le vaporisateur de côté pendant un jour. Vaporiser le reste de la solution, puis rincer avec du détergent et de l'eau. Pour tester le vaporisateur, le remplir de nouveau d'eau et vaporiser quelques plantes sensibles (tomates, haricots, coton, etc..) Si des signes de dégâts n'apparaissent pas dans 1 jour ou 2, le vaporisateur est certainement bon à utiliser sur les cultures à feuilles larges.

NOTE : L'ammoniac ou la chaux domestiques peuvent endommager le cylindre de pression intérieur s'il est en cuivre ; dans ce cas, utiliser du charbon de bois activé comme il l'est indiqué ci-dessous.

Pour les vaporisateurs tirés par un tracteur : Utiliser 2 livres de soude à laver ou de cendres de soude (mélange 50-50 de soda à laver et de chaux) à raison de 250 g pour 100 litres de la même façon que pour les vaporisateurs à dos. Le charbon de bois activé, s'il est disponible, donnera un résultat rapide en deux ou trois minutes si on l'utilise à raison de 1 kg pour 100 litres. Rincer ensuite le vaporisateur à l'eau et au savon.

Symptômes de dégâts causés par un herbicide phenoxy : Seules les plantes à feuilles larges sont affectées. Dans les cas mineurs, les feuilles se replient légèrement vers le bas. Si les dégâts sont graves, les feuilles et les tiges se replient et s'enroulent, les feuilles étant considérablement déformées.

Il faudra nettoyer les appareils loin des sources d'eau potable destinée à la consommation humaine ou animale ou d'étendues d'eau pouvant être polluées par l'eau de lavage.

Annexe L
Importantes connaissances techniques de plantation requises pour les travailleurs des services de vulgarisation

La plupart des travailleurs des services de vulgarisation devront maîtriser cinq principales techniques de plantation :

1. Savoir comment calibrer une planteuse.
2. Savoir calculer la densité de population finale, en se basant sur l'espacement des semis et la largeur de rangée.
3. Savoir calculer l'intervalle des semis dans la rangée nécessaire pour obtenir une population donnée avec diverses largeurs de rangées.
4. Savoir déterminer la quantité de semences nécessaire pour ensemencer un champ de dimension donnée.
5. Savoir déterminer la population réelle des plants dans le champ d'un exploitant à l'aide d'un mètre mesureur.

CALCUL DE LA DENSITE DE POPULATION FINALE

On calcule la densité de population finale avec la formule suivante :

$$\text{Population de plantation/ha} = \frac{100.000.000\ \text{cm}^2/\text{ha}}{\text{Intervalle des semis dans la rangée en cm} \times \text{largeur de rangée en cm}}$$

Par exemple, si la largeur de rangée est de 40 cm et que

les semis sont espacés de 10 cm, la densité de population finale, en supposant une germination à 100% et aucune mortalité des plantes, sera :

$$\frac{100.000.000}{40 \times 10} = 50.000 \text{ plantes}$$

De la même façon, si la culture est plantée en buttes, le calcul se fera de la manière suivante :

Population de plantation/ha =

$$\frac{100.000.000 \text{ (cm2/ha)} \times \text{nombre de semis/butte}}{\text{largeur de rangée (cm)} \times \text{espacement des buttes (cm)}}$$

Si l'on plante sur une largeur de 50 cm avec un espace de 50 cm entre les buttes et deux graines ensemencées par butte, on va avoir :

$$\frac{100.000.000 \times 2}{50 \times 50} = 80.000 \text{ plantes/ha}$$

La même formule peut être utilisée pour calculer l'intervalle entre les semis d'une rangée qui sera nécessaire pour obtenir une population donnée avec diverses largeurs de rangée. Par exemple, si l'on désire une population optimale de 100.000 plantes/ha, il faudra :

$$100.000 \text{ plantes/ha} = \frac{100.000.000}{\text{largeur de rangée} \times \text{intervalle entre les semis (cm)}}$$

ou :

largeur de rangée x intervalle entre les semis = 1.000 cm2

Cette espacement peut être atteint en utilisant :

10 cm d'intervalle entre les semis sur une largeur de rangée de 100 cm

20 cm d'intervalle entre les semis sur une largeur de rangée de 50 cm

15 cm d'intervalle entre les semis sur une largeur de rangée de 70 cm, etc..

Il faut remarquer ici également que le calcul ne tient pas compte des pertes dûes à une mauvaise germination ou à la mortalité des plantes. Il vous faudra peut-être planter 15 à 20% de plus que la quantité désirée à la récolte de façon à

prendre en compte ces pertes probables.

COMMENT DETERMINER LA QUANTITE DE GRAINES NECESSAIRE POUR ENSEMENCER UN CHAMP DE TAILLE DONNEE

Il vous faut connaitre d'abord combien de graines contient un kilo de semences pour chaque culture. La manière la plus exacte de calculer cette quantité est de peser un échantillon de 60 g de graines et de la compter si vous disposez d'une balance précise (celle de la poste ou du pharmacien). En multipliant ce chiffre par 10, on aura le nombre de graines par kilo. Si cela n'est pas possible, on peut utiliser les valeurs générales du tableau suivant :

Tableau I5

	Nombre de graines par kilo
Maïs	1.760-2.860
Sorgho	26.400-44.000
Arachides	1.100-1.540
Haricots	3.000-3.960
Doliques	3.960-4.040

Pour trouver le poids en kilos de graines nécessaires par hectare, il suffit de diviser le nombre de graines nécessaires par le nombre de graines/kg. Multiplier ce résultat par le nombre d'hectares du champ pour obtenir la quantité totale de graines nécessaire.

COMMENT DETERMINER LA POPULATION REELLE DE PLANTATION D'UN EXPLOITANT

Quand on essaie de résoudre certains problèmes dans le champ d'un exploitant, il est souvent utile de vérifier

la population des plantes, celle-ci ayant une grande incidence sur le potentiel de rendement et la réaction aux engrais. Cela peut se faire aisément en comptant les plantes sur 5 à 10 bandes de rangée prises au hasard équivalant chacune à 1/1.000ème d'hectare.

Etape 1 : Déterminer d'abord la largeur moyenne de rangée du champ en mesurant la dimension au travers de 10 rangées complètes et en divisant par 10. Procéder ainsi sur plusieurs emplacements pris au hasard pour obtenir une moyenne représentative.

Etape 2 : Se reporter à la longueur de rangée de 1/1.000ème d'hectare avant de pouvoir procéder à une bonne sélection au hasard.

Etape 3 : Sélectionner au hasard cinq à dix bandes de rangée de longueur appropriée et compter le nombre de plantes dans chacune de celles-ci sans oublier de le noter.

Etape 4 : Multiplier le nombre moyen de plantes dans la bande de rangée par 1.000 pour obtenir la population des plantes par hectare.

COMMENT ESTIMER UN RENDEMENT AVANT LA RECOLTE

L'estimation du rendement avant la récolte peut être exact à 5% du rendement réel récolté si l'on utilise le bon procédé. Quand on travaille sur des parcelles d'essai et de démonstration, il faudra toujours prendre un tel échantillonnage de rendement avant la récolte à la fois sur la parcelle d'essai et sur la parcelle-témoin. Il existe toujours la possibilité que les parcelles aient été moissonnées par inadvertence avant la date prévue et sans que les rendements n'aient été mesurés. Un échantillonnage de rendement avant la récolte constitue également une façon rapide d'estimer les rendements de la récolte d'un exploitant.

Principes généraux d'échantillonnage de rendement

1. Il faudra prendre des échantillons au hasard sur diverses

parties du champ ou de la parcelle. Ne pas sélectionner à dessein des échantillons provenant de secteurs à rendement particulièrement élevé ou bas dans une même parcelle : l' estimation sera très inexacte. Il faudra déterminer un schéma de prise d'échantillons au hasard avant d'entrer dans le champ pour ne pas être tenté de les choisir en se basant sur leur apparence.

2. Ne pas prélever d'échantillons plus d'une semaine avant la récolte.

3. Au prélèvement de chaque échantillon, il faudra mesurer avec exactitude la superficie (ou longueur de rangée). Ne pas estimer ! Ne pas oublier que chaque erreur commise dans la dimension de la superficie d'échantillonnage va être multipliée par plusieurs centaines quand il faudra convertir le rendement en une unité de terre plus grande.

4. Il faudra ajuster les poids d'échantillonnage pour tenir compte de facteurs tels que l'humidité excessive, les dégâts et les débris.

Comment prélever des échantillons et estimer les rendements

1. Le processus d'échantillonnage

a. Nombre d'échantillons : Pour des parcelles de moins de 0,5 ha, prendre au moins 5 échantillons. Pour des parcelles au-dessus de 0,5 ha, en prendre entre 5 et 10. Si la croissance de la culture n'est pas très uniforme, prélever 10 échantillons.

b. Taille de chaque échantillon : Prélever chaque échantillon à partir d'une surface de même superficie ou d'une bande de rangée de même longueur. Les échantillons individuels devront être entre 2,5 et 5 mètres carrés. Pour les cultures en rangées, la surface d'échantillonnage est déterminée en multipliant la longueur par la largeur de rangée. (Si vous récoltez trois mètres de rangée de maïs planté en rangées de 1 mètre de largeur, vous aurez une surface d'échantillonnage de 3 mètres carrés). Une alternative consiste à utiliser une section de longueur de rangée égale à 1/1.000ème d'hectare. Cela facilitera les calculs plus tard, et la longueur de rangée de 1/1.000ème d'hectare peut être prise à partir du tableau suivant.

Largeur de rangée	Longueur de rangée de 1/1.000 ème d'hectare
50 cm	20,00 m
60 cm	16,67 m
70 cm	14,28 m
75 cm	13,33 m
80 cm	12,50 m
90 cm	11,11 m
100 cm	10,00 m
110 cm	9,10 m

c. Prélèvement d'échantillons au hasard : Décider du schéma d'échantillonnage avant d'entrer dans le champ, et ne pas en dévier. Pour effectuer le prélèvement au hasard, on peut diviser le champ en sections, chaque section correspondant à un numéro que l'on tire d'un chapeau. On peut également choisir au hasard des points de départ sur le côté du champ, puis prendre des distances au hasard à partir du point de départ. Pour les cultures en rangées, un bon système consiste à numéroter les rangées, puis à les choisir au hasard, sélectionnant ensuite au hasard la distance dans la rangée (champ). NOTE : Exclure trois mètres ou quatre rangées de périmètre de votre surface d'échantillonnage le long des quatre côtés de la parcelle pour s'assurer que l'échantillonnage provient bien du milieu de la parcelle.

2. Précision : Utiliser un mètre pour mesurer chaque surface d'échantillonnage ou longueur de rangée. Utiliser une balance de précision pour enregistrer le poids total des échantillons d'une même parcelle.

3. Manipulation des échantillons : Il faudra récolter et traiter les échantillons selon les méthodes locales les plus communément utilisées. S'il faut les sécher avant de les égrener ou de les battre, il faudra s'assurer que l'emplacement est sûr et débarrassé de rongeurs et d'oiseaux.

4. Pesée de l'échantillon : Utiliser une balance portative de précision. Il ne sera pas nécessaire de peser chaque échantillon individuellement, mais seulement l'échantillonnage total collectif prélevé de la parcelle. Si vous ne trouvez pas une bonne balance portative, faites peser le grain en ville.

5. Vérifier les qualités du grain : Prélever au hasard un échantillon de l'échantillonnage collectif et faites vérifier son taux d'humidité et toutes autres qualités nécessaires. (Se reporter à la section traitant de

l'entreposage au Chapitre 7 pour savoir comment déterminer le taux d'humidité du grain.)

6. Calcul du rendement :

   Superficie totale de la surface d'échantillonnage =

   Nombre d'échantillons x superficie des surfaces d'échantillonnage individuelles

   Rendement estimé =

   Poids de l'échantillon collectif $\times$ $\frac{\text{Superficie totale de la parcelle}}{\text{Superficie total d'échantillonnage}}$

7. Pour corriger l'humidité : Les rendements sont généralement basés sur un grain qui est suffisamment sec pour pouvoir être entreposé sous forme décortiquée (généralement à un taux d'humidité de 13-14%). Si vous basez vos estimations sur le poids d'un échantillon ayant un taux d'humidité élevée, il vous faudra soustraire du rendement en utilisant la formule suivante (sinon, sécher le grain au préalable) :

   Poids du grain après le séchage =

   $\frac{\text{\% de matière sèche avant le séchage}}{\text{\% de matière sèche après le séchage}}$ x poids original du grain

   Exemple : Supposons que vous pesiez un échantillon collectif de grain "humide" et que vous estimiez ensuite que le rendement de la parcelle égale 3,500 kg/ha. Un test d'humidité montre que l'échantillon a un taux d'humidité de 22% ; quel est le rendement réel basé sur un taux d'humidité de 13%?

   22% d'humidité = 78% de matière sèche
   13% d'humidité = 87% de matière sèche

   $\frac{78\%}{87\%}$ x 3.500 kg/ha = 3.138 kg/ha de rendement basé sur un taux d'humidité de 13%

Exemple d'estimation de rendement

Supposons que vous preniez une estimation de rendement sur une parcelle de maïs d'un exploitant de

taille légèrement inférieure à 0,5 ha. Les rangées sont plantées à 90 cm d'intervalle, et vous décidez de prélever six échantillons, chacun consistant en 1/1.000ème d'hectare de longueur de rangée. Le poids collectif du maïs séché et égrené est de 18 kg. Quel est le rendement estimé sur la base d'une production par hectare?

Solution :

surface d'échantillonnage prélevé = 6/1.000èmes d'hectare = 60 mètres carrés.

$$18 \text{ kg} \times \frac{10.000 \text{ m2 (1 hectare)}}{60 \text{ m2}} = 3.000 \text{ kg/ha (rendement estimé)}$$

Glossaire

Battage : Processus de séparation des graines de cultures céréalières et légumineuses de l'épi ou de la cosse.

Couche arable : Condition physique actuelle d'un sol en termes de potentiel de travail et et facilité d'absorption d'humidité. La couche arable d'un sol varie énormément en fonction de sa texture, de sa teneur en humus (terreau ou terre végétale) et de sa teneur actuelle en humidité.

Essai de culture : Voir essai en champ.

Essai en champ : Essai de culture en exploitation effectué de façon répétitive et simultanée sur un certain nombre d'exploitations locales afin de comparer une nouvelle méthode ou "un ensemble de méthodes" à la (ou aux) méthode(s) actuelle(s). Son but est d'obtenir un certain nombre d'informations et non de servir de démonstration.

Fixation d'azote : Processus utile par lequel la bactérie Rhizobia convertit l'azote de l'atmosphère sous forme utilisable par les plantes. La bactérie Rhizobia n'est associée qu'aux légumineuses.

Fixation de phosphore : Processus par lequel le phosphore d'un engrais ajouté est immobilisé sous forme de composés insolubles dans le sol et est inaccessible aux plantes. La fixation de phosphore constitue un problème sur tous les sols mais est particulièrement grave sur des sols tropicaux rouges, acides et soumis à des intempéries.

Fongicide : Tout pesticide tuant ou arrêtant le développement de fongus (champignons).

Herbicide : Tout pesticide tuant les mauvaises herbes.

Hybride : Type de variété de culture améliorée, produit du croisement de deux lignées naturelles de culture ou plus.

Insecticide systématique : Insecticide absorbé dans la sève d'une plante et émigrant (transporté) dans toute la plante.

Légumineuse : Toute plante appartenant à la famille des leguminosae dont tous les membres produisent leurs graines dans des cosses. Les légumineuses peuvent satisfaire une partie ou la totalité de leurs besoins en azote par une relation de symbiose avec la bactérie Rhizobia qui forme des nodules sur les racines. Les haricots, les doliques, le soja, les pois chiches, les pois pigeons et les pois sont des légumineuses.

Monoculture : La culture répétée d'une seule culture sur le même champ d'une année sur l'autre.

Nématodes : Minuscules ascarides incolores et effilés vivant dans le sol ; parasites des racines des plantes.

Plantes légumineuses : Culture légumineuse dont la graine séchée convient à la consommation humaine ; haricots, doliques, soja, pois chiches et haricots mung.

Polyculture : La culture de deux cultures différentes ou plus en même temps sur le même champ ; appelée également culture dérobée.

Rhizobia : Type de bactérie associée aux légumineuses et capable de fixer l'azote.

Rotation des cultures : Mise en culture répétitive d'une succession ordonnée de cultures sur le même champ.

Tallage : Production de pousses latérales sur une culture en cours de croissance ; le tallage est un phénomène commun sur le millet et le sorgho.

Texture du sol : Quantité relative de sable, de limon et d'argile dans un sol donné.

Transpiration : Perte de l'humidité du sol par absorption des racines d'une plante et son passage dans l'air au travers des pores des feuilles.

Vannage : Processus de séparation de la menue paille et autres débris légers du grain battu et se faisant à l'aide du vent, de ventilateurs ou de tamis.

Bibliographie

Identification des maladies et mesures de contrôle

American Phytopathological Society (Société Américaine de Phytopathologie). "A Compendium of Corn Diseases" ("Précis des Maladies du Maïs"). American Phytopathology Society, 3340 Pilot Knob Rd., St. Paul, Minnesota 55121. Très complet ; comprend également des mesures de contrôle.

Clemson University Cooperative Extension Service (Services de Vulgarisation et de Coopération de l'Université de Clemson). "Soybean Diseases Atlas" ("Atlas des Maladies du Soja"). Clemson University Extension Service, Clemson, South Carolina 29631. Un exemplaire gratuit. Comprend l'identification et des mesures de contrôle.

---------. "Soybean Insects, Nematodes, and Diseases". ("Insectes, Nématodes et Maladies du Soja"). Circular 504, Clemson University Cooperative Extension Service, Clemson, South Carolina 29631.

International Center for Tropical Agriculture in Colombia (CIAT) (Centre International pour l'Agriculture Tropicale en Colombie). "Field Problems of Beans in Latin America" ("Problèmes de Culture des Haricots en Amérique Latine"). CIAT, Apartado Aereo 6713, Cali, Colombia. $5,60 plus frais d'expédition. Comprend les maladies, les insectes et les signes de malnutrition ainsi que leurs mesures de contrôle. Disponible en anglais et en espagnol.

International Crops Research Institute (ICRISAT) (Institut International de Recherche Agricole) "Sorghum and Pearl Millet Diseases Identification Handbook" ("Manuel d'Identification des Maladies du Sorgho et du Millet Perlé"). Information Bulletin No.2, ICRISAT, P.O. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh,

India. Un exemplaire gratuit. Disponible en anglais, français et espagnol. Guide de poche pratique mais donnant peu de renseignements sur les mesures de contrôle.

International Maize and Wheat Improvement Center in Mexico (CIMMYT) (Centre International pour l'Amélioration du Maïs et du Blé au Mexique). "Maize Diseases: A Guide for Field Identification". ("Maladies du Maïs : Guide d'Identification en Champ") Information Bulletin No.11, CIMMYT, Apartado Postal 6-641, Mexico 6, D.F. Un exemplaire gratuit. Disponible en anglais et en espagnol. Guide de poche pratique en ce qui concerne l'identification mais donnant peu de renseignements sur les mesures de contrôle.

Texas Agricultural Extension Service. (Services de Vulgarisation Agricole du Texas). "Sorghum Diseases" ("Maladies du Sorgho"). Bulletin 1085, Texas Agricultural Extension Service, Texas A&M University, College Station, Texas 77843. Comprend l'identification et les mesures de contrôle.

United States Department of Agriculture. (Ministère de l'Agriculture des U.S.A.) "Bean Diseases: How to Control Them" ("Maladies des Haricots : Mesures de Contrôle"). Agriculture Handbook No.225, United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service. Disponible auprès du Directeur des Services de Documentation, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. Pas aussi complet que le bulletin du CIAT.

Entreposage et Séchage du Grain

Baikaloff, A. "A Crop Drying Guide for the Queensland Peanut Grower". ("Guide pour le Séchage des Arachides au Queensland"). Peanut Marketing Board, Kingaroy, Queensland, Australia. $2 U.S. plus frais d'expédition. Traite du séchage à basse température, par air forcé d'arachides en vrac et en sacs à l'aide de ventilateurs à moteur.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (Organisme des Nations Unies pour les Denrées et l'Agriculture). Handling and Storage of Food Grains in Tropical and Subtropical Areas. (Traitement et Entreposage du Grain Alimentaire dans les Régions Tropicales et Subtropicales). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Villa delle Terme de Caracalla, 00100, Rome.

Lindblad, Carl. Programming and Training for Small Farm Grain Storage. (Entreposage du Grain sur les Petites Exploitations : Programmation et Formation). PT&J Series. Disponible auprès du Peace Corps/ICE, 806 Connecticut Avenue, N.W., Washington, D.C. 20525.

Lindblad, Carl, and Laurel Druben. 1976. Small Farm Grain Storage. (Entreposage du Grain sur les Petites Exploitations). ACTION/PC Program and Training Journal Series No.2. Peace Corps/ICE, 806 Connecticut Avenue, N.W., Washington, D.C. 20525. Très complet ; comprend des plans détaillés de séchoirs et d'installations d'entreposage.

Midwest Plan Service. Low Temperature and Solar Grain Drying Handbook. (Guide pour le Séchage Solaire et à Basse Température du Grain). Midwest Plan Service, Iowa State University, Ames, Iowa 50011. $3 plus frais d'expédition à l'étranger.

Ohio State University. "Corn Harvesting, Handling, Marketing in Ohio." Bulletin 502, Cooperative Extension Service, Ohio State University, Columbus, Ohio 43210.

Purdue University Cooperative Extension Service. "Selecting a Grain Drying Method". ("Sélection d'une Méthode de Séchage du Grain"). Bulletin AE-67, Purdue University Cooperative Extension Service, Lafayette, Indiana 47907.

Signes de malnutrition dans les cultures

Aldrich and Leng. Modern Crop Production (Production Agricole Moderne) 2nd ed. F&W Publishing Co., 22 E. 12th St., Cincinnati, Ohio.

CIAT. Field Problems of Beans in Latin America. (Problèmes de Culture des Haricots en Amérique Latine). 1978. Series GE-19, CIAT, Apartado Aereo 6712, Cali, Colombia.

Sprague, H.W., ed. 1964. Hunger Signs in Crops, (Signes de Malnutrition dans les Cultures), 4th ed. David McKay Co., New York.

Outils et
équipement

Watson, Peter. 1981. Animal Traction. (Traction Animale). Peace Corps/ICE. Traite de la sélection et des soins à apporter aux animaux de trait ainsi que de l'utilisation d'équipement de labour et de travail de la terre à traction animale.

Identification et
lutte contre les insectes

CIAT. Field Problems of Beans in Latin America. (Problèmes de Culture des Haricots en Amérique Latine). CIAT. Apartado Aereo 6713, Cali, Colombia. $6,50 plus frais d'expédition.

Fichter, G. Insects Pests. (Insectes Nuisibles). Western Publishing Co., 1220 Mound Ave., Racine, Wisconsin 53404. $2,95 plus frais d'expédition. Excellent guide de poche illustré et descriptif ; utile dans tout pays.

Hill, D. Agricultural Pests of the Tropics. (Insectes Nuisibles des Tropiques). Cambridge University Press, London, 1975. Un compagnon utile pour le travail sur place du Peace Corps ; bien illustré.

Utilisation des
pesticides

Division of Continuing Education (Education Continue). "North Carolina Agricultural Chemicals Manual". ("Manuel des Produits Chimiques Utilisés en Agriculture de la Caroline du Nord"). (révisé tous les ans). Division of Continuing Education, P.O. Box 5125, Raleigh, NC 27650. Pour un seul exemplaire, le prix était de $5,00 plus frais d'expédition en 1981. Guide complet pour la sélection, les mesures de sécurité et les dosages de pesticides.

Gestion du sol et
emploi d'engrais

Peace Corps. 1981. Soils, Crops, and Fertilizer Use. (Sols, Cultures et Emploi d'Engrais). Peace Corps/ICE, Reprint

R8. Un guide répondant aux questions quoi, comment et pourquoi relatives à la gestion des sols, la détermination des besoins en engrais et l'utilisation appropriée d'engrais chimiques et organiques dans des conditions de petite exploitation agricole.

Identification et lutte contre les mauvaises herbes

Clemson University. "Weeds of the Southern U.S." ("Mauvaises Herbes du Sud des U.S.A."). Services de Vulgarisation et de Coopération de l'Université de Clemson, Clemson, SC 29631. Contient des images et des descriptions de quelque 150 mauvaises herbes communément trouvées dans les régions tropicales et sub-tropicales.

Haricots ailés

National Academy of Sciences. (Académie des Sciences). "The Winged Bean : a High Protein Crop for the Tropics". ("Les Haricots Ailés, Culture riche en Protéine pour les Tropiques"). Disponible auprès du National Technical Information Service, Springfield, VA 22161. 45 pages. $4,50. Un exemplaire gratuit.

United States Department of Agriculture. (Ministère de l'Agriculture des U.S.A.). 1978. "Vegetables of the Hot-humid Tropics--Part I: The Winged Bean." ("Légumes des Tropiques Chauds et Humides--1er Tome : Le Haricot Ailé".) United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service (Service de Recherche Agricole du Ministère de l'Agriculture). Disponible auprès de l'Institut de Mayaguez pour l'Agriculture Tropicale, Box 70, Mayaguez, Puerto Rico 00708. 22 pages. Emet certains doutes sur les avantages proclamés de cette culture.

University of Illinois. The Winged Bean Flyer. (Le Haricot Ailé). University of Illinois Department of Agronomy, Urbana, Illinois. Bulletin consacré au haricot ailé.

Références

Pour obtenir plus de renseignements spécifiques aux cultures, contacter les associations internationales suivantes pour l'amélioration des cultures :

The International Center for Tropical Agriculture in Colombia (Centre International pour l'Agriculture Tropicale en Colombie) (CIAT) : ses travaux portent surtout sur le maïs, les haricots et la cassave (manioc). Adresse : Apartado Aereo 6713, Cali, Colombia.

The International Crops Research Institute for the Semi-arid Tropics in India (Institut International de Recherche Agricole pour les Régions Tropicales semi-arides en Inde (ICRISAT) : ses travaux portent principalement sur le millet, le sorgho, les arachides et les pois pigeons. Adresse : Patancheru P.O., Andhra Pradesh 502 324, INDE.

The International Institute for Tropical Agriculture, Nigeria (Institut International pour l'Agriculture Tropicale au Nigéria) travaille principalement sur le maïs, les légumineuses à grain (doliques, haricots de Lima, soja), le riz et les cultures à racines et tubercules. Adresse : Oyo Road, PMB 5320, Ibadan, NIGERIA, West Africa. Organise également un programme de recherche de systèmes agricoles.

The International Maize and Wheat Improvement Center in Mexico (Centre International pour l'Amélioration du Maïs et du Blé au Mexique (CIMMYT). Adresse : Londres 40, Apdo. Postal 6-641, MEXICO 6, D.F.

The International Potato Center (Centre International pour la Culture de la Pomme de Terre), Pérou (CIP). Adresse : Apdo. 5969, Lima, PERU, S.A.

The International Rice Research Institute, the Philippines (Institut International pour le Recherche sur le Riz aux Philippines) (IRRI). Adresse : P.O. Box 583, Manila, PHILIPPINES.

487

Sources des illustrations

Page	Illustration et source
17	Graphique des schémas de précipitations--John Guy Smith, 1970. "The Agricultural Environment" ("L'Environnement Agricole"), Peace Corps/Latin America Agriculture Program Guide Manual Part 3, Unit 1.
18	Tableau de mise en culture--Ibidem
40	Calendrier de mise en culture, distribution du travail--Ibidem
42	Demande de crédits à la production--Ibidem
46	Graine de maïs en germination--Dessin original de M. Kaufman.
47	Graine de haricot en germination--Webster's Illustrated Dictionary.
49	Nodulosités fixateurs de l'azote-Dessin original de M. Kaufman.
53	Aigrette et épi de maïs--Dessin original de M. Kaufman.
54	Jeunes pousses de maïs--Dessin original de M. Kaufman.
65	Plante de sorgho à grain approchant sa maturité--Dessin original de M. Kaufman.
65	Epi de sorgho à grain--Dessin original de M. Kaufman.
75	Millets--Le Développement d'une Plante de Sorgho, brochure, Kansas State University Co-op Extension Service.
82	Plant d'arachide--Dessin original de M. Kaufman.

Page	Illustration et source
88	Plant et cosse de haricot--La Caraota, brochure des services de vulgarisation, Conseho de Bienestar Rural, Venezuela, 1965.
138-143	Outils--John Boyd, Tools for Agriculture: A Buyer's Guide to Low-Cost Agricultural Implements (Outils Agricoles : Guide de l'Acheteur d'Outils Agricoles Bon Marché), Intermediate Technology Publications, Ltd., London.
146	Couches de plantation surélevées, nivellement de la terre--Webster's Illustrated Dictionary.
160	Planteuse à traction animale, applicateur d'engrais poussé à la main--Même que pour "Outils".
160	Planteuses de l'IITA--Bulletin d'information de l'IITA.
230	Mauvaises herbes--George Ware, 1980, Complete Guide to Pest Control (Guide Complet pour la Lutte contre les Eléments Nuisibles), University of Arizona, Thomson Publications, Fresno, CA.
238	Cultivateur à traction animale--Même que pour "Outils".
240	Cultivateur à traction mécanique--Webster's Illustrated Dictionary.
241	Palettes et rasettes de cultivateur--Dessin original de M. Kaufman.
254	Ajutage de vaporisateurs à dos--Rice Production Manual. (Manuel pour la Production de Riz), University of the Philippines et IIRI.
259	Insectes--Ministère de l'Agriculture des U.S.A.
260	Insectes--George Ware, University of Arizona.
263	Aphidés--Ministère de l'Agriculture des U.S.A.
265	Moucheron--Ministère de l'Agriculture des U.S.A.
267	Mouche du sorgho et plante endommagée--D. Hill, 1975, Agricultural Pests of the Tropics and their Control (Insectes Nuisibles aux Cultures Tropicales et leurs Mesures de Contrôle), Cambridge University Press, London.
268	Thrips--Brochure, Florida Agricultural Experiment Station (Station Agricole Expérimentale de Floride).

Page	Illustrations et source
268	Acarien, puceron sauteur (Cicadelle)--Même que pour "Aphidés".
270	Doryphore mexicain du haricot--Ibidem
291	Schémas de vaporisation--Dessin original de M. Kaufman.
293	Agencement de diffuseurs pour un ajutage de vaporisation tiré par un tracteur--Rohm & Haas Co., Philadelphia, Pennsylvania.
333	Barril mélangeur--Webster's Illustrated Dictionary.
343	Nématodes--Ibidem
359	Egreneuse manuelle de maïs--Bulletin publié par l'Institut pour les Produits Tropicaux, Buckinghamshire, United Kingdom.

Index

Acide cyanhydrique 69-70
Agriculture par abattage et brûlage 125-129
Arachides
    adaptation 81-83
    distribution 79-80
    insectes 267-269
    lutte contre les mauvaises herbes 241-143
    maladies 318-325
    population de plantation 168-171
    préparation des terres 147-148
    programmes d'amélioration 106-109
    récolte 362-269
    recommandations d'engrais 213-216
    rendements 80-81
    types 82
    valeur nutritive 81-85
Azote
    disponible ou non-disponible 179-180
    méthodes d'application 197-203
    pertes par lixiviation 179-182

Bactérie Rhizobia 47-48
Battage 354-355
Brûlure d'engrais 207-208

Cacahuètes (voir Arachides)
Calcium 182-183
Calendrier des cultures 39-41
Chaulage 217-223
Compost 193-194
Couche arable du sol 21-22
Couche de semis 144-146
Cultivateurs 237-242
Cultures à fumier vert 119
Cultures céréalières 45-46
Cultures dérobées 116-117, 120-125
Culture itinérante 125-129
Cultures légumineuses 45-49

Développement agricole 2-3
Doliques 89-92

Ecologie 21-23
Engrais
    effets du pH du sol 219-220
    foliaires 205-207

Engrais (suite)
méthodes d'application 335-336
organiques ou chimiques 188-194
taux d'application 208-219
Engrais organiques 190-195
Ensemble de méthodes 7
Entreposage
insectes 263-264, 378-385
méthodes 371-375, 386-389, 376-380
Environnement agricole 11
Espacement des plants 161-166
Essai de germination 155-157
Essais de sol 185-187

Fixation de l'azote 47-48
Fongicides
foliaires 337-338
recommandations d'application 335-336
sol 335-336
traitement de la graine 331-333
Fongicides systématiques 337-339
Fumier 190-194

Gestion des eaux 222-226
Grains empoisonnés pour les vers gris 282

Haricots (Phaseolus vulgaris)
adaptation 86-88
distribution 86-87
insectes 268-272
lutte contre les mauvaises herbes 241-242
maladies 323-332
population de plantation 170-171
programmes d'amélioration 109-111
recommandations d'engrais 215-217
types 86-88
valeur nutritive 49-52, 89-90
Herbicides 234-236, 240-254
Herses, types de 138-141
Herse à dents 141-143, 236-237
Humidité 19
Hybrides 151

Innoculation 214-215
Insectes
arachides 267-269
cycles de vie 255-256
doliques 271-273
entreposage 263-264, 378-385
haricots 268-272
identification 256-258
maïs 258-264
millet 265-266

Insectes (suite)
sorgho 263-266
Insecticides
calcul des dosages 284-289
classes chimiques 283
formules 280-283
systématiques ou non-systématiques 279-281
Insecticides systématiques 279-281
Irrigation 225-226

Labour
équipement 136-146
méthodes 128-137
profondeur 133-137
Largeur de rangée de plantation 164-166
Légumineuses 45-48
Longueur de jour 13-14
Lutte contre les insectes
biologique 274-275
chimique 275-277
culturelle 274-275
intégrée 278-279
organique 275-276
Lutte contre les mauvaises herbes 231-245
avant la plantation 231-236
après la plantation 235-245

Maïs
adaptation 51-53
distribution 51-52
insectes 258-264
lutte contre les mauvaises herbes 241-242
maladies 304-313
programmes d'amélioration 100-102
population de plantation 165-168
récolte 351-353
recommandations d'engrais 210-212
rendements 55
types 51-55
valeur nutritive 49-52
variétés à forte teneur en lysine 55
Maladies
arachides 318-325
fongueuses, bactériennes, virales 296-299
haricots 323-332
maïs 304-313
méthodes de lutte 298-303
millet 316-319
sorgho 312-317
Maladies virales 297-299
Mauvaises herbes
annuelles ou persistantes 228-232
feuilles larges, d'herbe ou type souchet 228-229

Mauvaises herbes (suite)
identification 231-232
Millet
distribution 74-77
insectes 265-268
maladies 316-319
photosensibilité 79-80
population de plantation 168-169
programmes d'amélioration 105-107
récolte 357-362
recommandations d'engrais 213-214
rendements 76-77
tallage 79-80
types 74-77
valeur nutritive 78-79
Monoculture 115-118

Nématodes
diagnostic 341-345
lutte 344-348

Oiseaux 82-85

Paillage 225-233
pH (voir pH du sol)
pH du sol 21-22, 217-223
Phosphore
fixation 178-180
recommandations d'application 181-182, 199-203
Photosensibilité 12
Plantation
en butte ou en lignes 164-165
équipement 157-162
méthodes 157-162
profondeur 172-175
Polyculture 115-117, 120-126
Population de plantation 165-172
calcul de la densité finale de population 468-369
recommandations 165-171
Potassium 181-182, 203-204
Précipitations 15-19, 39-40
Préparation des terres 128-149
Programmes d'amélioration des cultures
arachides 106-109
doliques 112-113
haricots 111
maïs 100-102
millet 105-107
sorgho 102-106

Quéléa 348-349

Récolte
arachides 362-369
doliques 369-371
haricots 369-371
maïs 355-265
millet 357-362
pertes 351-355
sorgho 357-362
Recommandations de rendements
arachides 80-81
doliques 90-91
maïs 55-56
millet 76-77
sorgho 63-67
Résidus des récoltes 135
Révolution Verte 386
Rongeurs 350
Rotation des cultures 115-119
Rotoculteur 140-141

Séchage
détermination du taux d'humidité du grain 372-375
méthodes 374-375
taux d'humidité adéquate 370-372
Sélection des graines 152-156
Sorgho
acide cyanhydrique 69-70
adaptation 66-54
insectes 265-266
maladies 310-314
photosensibilité 68-70
population de plantation 161-169
programmes d'amélioration 102-106
recépage 69-70
récolte 354-356
recommandations d'engrais 212-214
rendements 66-67
tallage 69-70
types 63-67
valeur nutritive 70-72
Sorgho-fourrage 61
Sorgho à grains (voir Sorgho)
Striga 243-245
Systèmes de cultures 35

Températures 13-15
Texture du sol 20
Toxicité de l'aluminium 217-219

Vannage 355-356
Vaporisateurs
recommandations d'utilisation 252-253, 289-295
types de diffuseurs 290-294
Vulgarisateur
orientation 32-42
rôle 8-9

Since 1961 when the Peace Corps was created, more than 80,000 U.S. citizens have served as Volunteers in developing countries, living and working among the people of the Third World as colleagues and co-workers. Today 6000 PCVs are involved in programs designed to help strengthen local capacity to address such fundamental concerns as food production, water supply, energy development, nutrition and health education and reforestation.

Peace Corps overseas offices:

BELIZE
P.O. Box 487
Belize City

BENIN
BP 971
Cotonou

BOTSWANA
P.O. Box 93
Gaborone

BURKINA FASO
BP 537
Ouagadougou

BURUNDI
BP 1720
Bujumbura

CAMEROON
BP 817
Yaounde

CENTRAL AFRICAN REPUBLIC
BP 1080
Bangui

COSTA RICA
Apartado Postal 1266
San Jose

DOMINICAN REPUBLIC
Apartado Postal 1412
Santo Domingo

EASTERN CARIBBEAN
Including: Antigua, Barbados, Grenada, Montserrat, St. Kitts-Nevis, St. Lucia, St. Vincent, and Dominica
Peace Corps
P.O. Box 696-C
Bridgetown, Barbados
West Indies

ECUADOR
Casilla 635-A
Quito

FIJI
P.O. Box 1094
Suva

GABON
BP 2098
Libreville

GAMBIA, The
P.O. Box 582
Banjul

GHANA
P.O. Box 5796
Accra (North)

GUATEMALA
6 ta. Avenida
1-46 Zone 2
Guatemala City

HAITI
c/o American Embassy
Port-au-Prince

HONDURAS
Apartado Postal C-51
Tegucigalpa

JAMAICA
9 Musgrave Avenue
Kingston 10

KENYA
P.O. Box 30518
Nairobi

LESOTHO
P.O. Box 554
Maseru

LIBERIA
Box 707
Monrovia

MALAWI
Box 208
Lilongwe

MALI
BP 85
Box 564

MAURITANIA
BP 222
Nouakchott

MICRONESIA
P.O. Box 9
Kolonia Pohnpei
F.S.M. 96941

MOROCCO
I, Zanquat
Benzerte
Rabat

NEPAL
P.O. Box 613
Kathmandu

NIGER
BP 10537
Niamey

PAPUA NEW GUINEA
P.O. Box 1790
Boroko
Port Moresby

PARAGUAY
Chaco Boreal
162 c/Mcal. Lopez
Asuncion

PHILIPPINES
P.O. Box 7013
Manila 3129

RWANDA
BP 28
Kigali

SENEGAL
BP 2534
Dakar

SEYCHELLES
Box 564
Victoria MAHE

SIERRA LEONE
Private Mail Bag
Freetown

SOLOMON ISLANDS
P.O. Box 547
Honiara

SRI LANKA
5075 Siripa Road
Colombo 5,

SUDAN
Djodi Deutsch
Administrator/PCV'
c/o American Embas
Khartoum

SWAZILAND
P.O. Box 362
Mbabane

TANZANIA
Box 9123
Dar es Salaam

THAILAND
242 Rajvithi Road
Amphur Dusit
Bangkok 10300

TOGO
BP 3194
Lome

TONGA
BP 147
Nuku'Alofa

TUNISIA
BP 96
1002 Tunis
Belvedere
Tunis

WESTERN SAMOA
Private Mail Bag
Apia

YEMEN
P.O. Box 1151
Sana'a

ZAIRE
BP 697
Kinshasa